Коновалов Л.В.



Как разобраться в кинопленках



«КАК РАЗОБРАТЬСЯ В КИНОПЛЕНКАХ»

СОДЕРЖАНИЕ

- Почему цветной негатив нам кажется коричневым 5
- О статусах денситометра и эффективных плотностях 8
- Почему не равны равные градиенты 15
- О преимуществах аддитивного способа печати 22
- Почему чувствительность синего слоя мы промеряем через синий фильтр 28

МАСКИРОВАНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ:
- О маскировании пурпурного красителя 31
- О маскировании голубого красителя 36
- Не рубите с плеча (о недомаскировании) 41
- Не рубите с плеча-2 (о перемаскировании) 46
- Венские кружева (о влиянии маскирования на цветопередачу) 50

О ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ КРАСНОГО ЦВЕТА:
- Часть 1. Этот пожелтевший красный цвет 56
- Часть 2. Кинопленка не сдается 62
- Часть 3. «Украденная» идея 63
- Как балансируются пленки на «ЛН» и «ДС» с точки зрения технолога 67
- Под какую цветовую температуру сбалансированы пленки «ЛН» 73
- О воспроизведении «критических» цветов 82
- Колориметр «Минольта» и Гринвичский меридиан 88
- О появлении зеленых и других теней 91
- Загадка фильтра W85-B 95
- Еще одна загадка фильтра W85-B 97
- «Кинематографический эффект» и стробоскопические явления при панорамировании 98

— А я еще кое-что знаю, чего вы, наверно, не знаете.
По утрам на траве лежит роса.
Он попытался вспомнить, знал ли он это когда-нибудь, но так и не смог...

Р.Брэдбери. 451° по Фаренгейту

ПОЧЕМУ ЦВЕТНОЙ НЕГАТИВ НАМ КАЖЕТСЯ КОРИЧНЕВЫМ

Та фраза, о которой я хочу повести разговор, звучала, кажется, так: «Хорошо сбалансированный по светочувствительности негатив должен выглядеть коричневым».

Я пытаюсь вспомнить, знал ли об этом раньше, до того, как однажды услышал эту фразу на кинофабрике «Свема». Я пытаюсь вспомнить и не могу. Но это утверждение словно бы высветило в длинном коридоре маленькую дверь, мимо которой я постоянно ходил и никогда не замечал. Хорошо сбалансированный по светочувствительности цветной негатив должен выглядеть коричневым.

Теперь всякий раз, когда я беру в руки впечатанную на цветную негативную пленку сенситограмму, первым делом смотрю: коричневая она или нет. Если буро-коричневая, значит пленка хорошо сбалансирована по светочувствительности. Мне кажется, что раньше я даже не замечал, что цветные негативы имеют преимущественно буроватый оттенок. Я достаю отснятые несколько лет назад цветные негативы и вижу, что пасмурное небо на немаскированной фотопленке ДС-4 выглядит совсем не серым, а буро-коричневым, и белый снег в негативе тоже коричневый. Неужели я раньше этого не замечал... Я пытаюсь вспомнить, чтобы успокоить свое уязвленное самолюбие — и не могу. Я смотрю на негативы «Кодак» и сквозь оранжевую маску вижу, что серая шкала в негативе тоже буро-коричневая. Так и должно быть, теперь я знаю.

Этим нужно переболеть, чтобы потом не обращать внимания. Понять, почему так происходит, и... забыть. А в памяти оставить только вывод. Он будет очень прост. Белый снег в негативе представляется коричневым лишь глазу. Но не для созерцания изготовляется негатив, а для печати на позитив. И вот для светоприемников цветной позитивной кинопленки и цветной фотобумаги этот снег будет являться серым, нейтральным. Такое «серое» называется копировальной серой плотностью, поскольку лишь процесс копирования может убедить нас в том, что эта плотность действительно серая. Если к самому прозрачному месту цветного негатива приложить кусочек черно-белого негативного изображения и напечатать на цветную фотобумагу так, чтобы в позитиве это изображение стало черно-белым, то мы увидим, что визуально буро-коричневые места цветного негатива на цветной фотобумаге передадутся также черно-белыми оттенками. Визуально разные цветовые оттенки производят на цветную фотобумагу одинаковый эффект.

Вся разница заключена в том, что цветная позитивная пленка (или цветная фотобумага) «видят» не так, как глаз. Хотя, как и глаз, имеют три типа светочувствительных приемников. Но зоны чувствительности этих светоприемников у глаза и у позитивной пленки не совпадают. Глаз практически уже не воспринимает красный цвет с длиной волны 700 нанометров, чувствительность глаза к этим длинам волн едва превышает нулевую отметку. А у цветной позитивной пленки и фотобумаги длина волны 700 нм попадает на максимум красночувствительного слоя (рис. 1).

Сравнивая рис.1 и рис.2, можно сразу заметить, что в той зоне, 570-620 нм, где чувствительность глаза довольно высока (как в зеленой, так и красной зонах), у позитивной пленки наблюдается почти полный провал чувствительности. Эту особенность спектральной сенсибилизации цветных позитивных материалов используют при выборе светофильтра для освещения рабочего места при печати цветных фотографий. Фильтр № 166 пропускает свет как раз в этом интервале и потому не причиняет вреда цветной фотобумаге. Фотобумага «не видит» этих длин волн, в то время как глаз к ним легко приспосабливается.

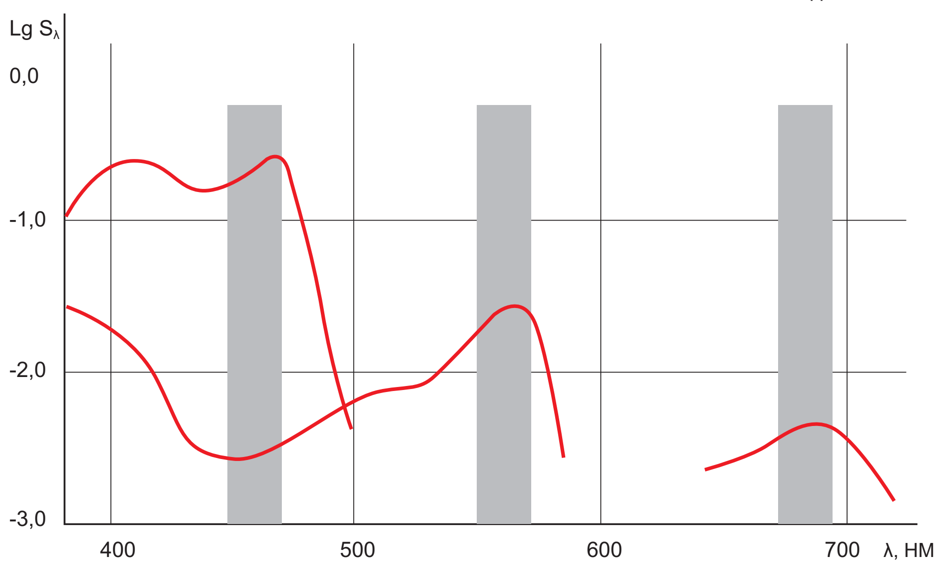


Рис 1. Спектральная чувствительность цветной позитивной кинопленки

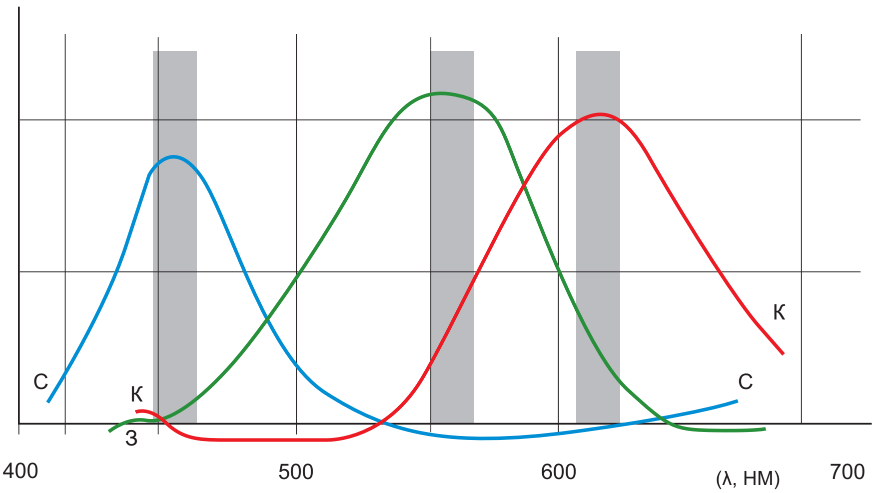


Рис 2. Эмпирическая модель спектральной чувствительности глаза (кривые сложения)

И точно так же, как по-разному реагируют глаз и цветная фотобумага на свет, проходящий через фильтр № 166, по-разному воспринимают они изображение на цветном негативе.

Любое изображение на цветном негативе формируется из определенных соотношений трех красителей: желтого, пурпурного и голубого. Снежная равнина в равной степени отражает в объектив съемочной камеры все длины волн спектра, поэтому в негативе белый снег будет сформирован из х трех красителей в равной степени. Каждый из этих красителей — желтый, пурпурный и голубой — имеют свою кривую спектрального поглощения. Сложенные все три вместе они дают копировальную серую плотность, которая имеет кривую поглощения, изображенную на рис.3 под № 4.



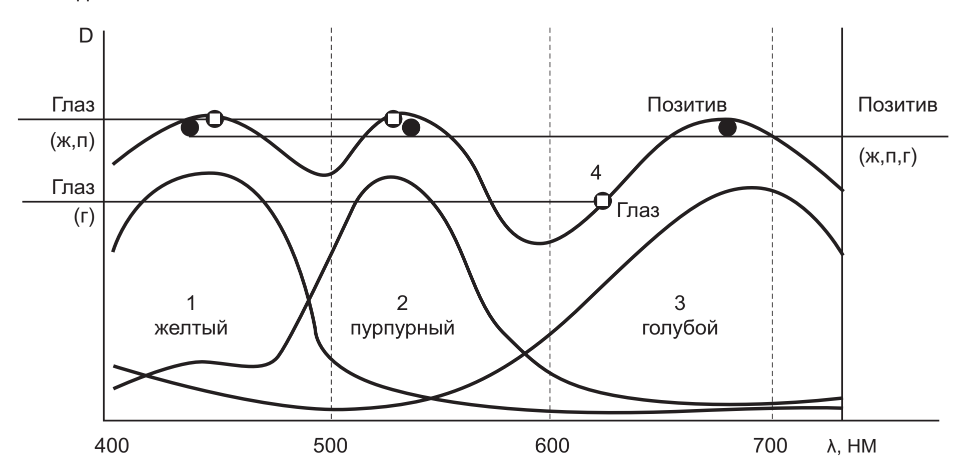


Рис 3. Различие в восприятии копировального серого поля глазом и цветной позитивной пленкой:
1 — кривая спектрального поглощения желтого красителя;
2 — кривая спектрального поглощения пурпурного красителя;
3 — кривая спектрального поглощения голубого красителя;
4 — копировальное серое поле, составленное из трех красителей

Цветная позитивная кинопленка (или цветная фотобумага) увидят эту суммарную кривую поглощения в участках «Позитив (ж,п,г)- черные кружочки». Эти участки имеют одинаковые плотности. Для цветной фотобумаги это будут равные количества желтого, пурпурного и голубого красителей. А глазу будет казаться («Глаз (ж,п,гол)»-белые квадратики), что в изображении недостаточно голубого красителя; что по отношению к голубому красителю в избытке находятся желтый и пурпурный.

Если в кадре много малонасыщенных объектов (а они в негативе передаются примерно равной концентрацией всех трех красителей), то такой негатив будет казаться не серым, а коричневым.

Все несоответствия между визуальной и копировальной плотностью происходят именно по той причине, что глаз и цветная позитивная пленка по-разному «видят» один и тот же негатив. Наибольшие расхождения, как следует из рис. 1 и 2, где для большей наглядности кривые спектральной чувствительности заменены равнодействующими вертикальными столбцами, наблюдаются в красной зоне спектра, а там проходит кривая по-глощения голубого красителя. Глазу, в отличие от цветного позитивного материала, всегда будет казаться, что в цветном негативном изображении недостаточно голубого красителя; поэтому и воспринимается пасмурное небо в негативе не серым, а коричневым, и именно поэтому серая шкала в цветном негативе выглядит не серой, а буро-коричневой.

О СТАТУСАХ ДЕНСИТОМЕТРА И ЭФФЕКТИВНЫХ ПЛОТНОСТЯХ

До недавнего времени я не мог ощутимо представить себе, в чем разница между статусами денситометра. Просто знал, что цветной негатив надо про-мерять за фильтрами статуса «М», а цветной позитив — за фильтрами статуса «А», и плотности за статусом «М» соответственно называются КП, а плотности, про-меренные за статусом «А», — визуально эквивалентно-серыми ВЭСП. От А.М.Курицына, работавшего в НИКФИ и преподававшего во ВГИКе, я как-то слышал, что разница заключается лишь в спектре пропускания красных фильтров денситометра.

Объяснение, существующее в книгах, что «оба вида плотностей: копировальные (КП) и визуальные эквивалентносерые плотности (ВЭСП), — выражаются через нейтральные серые плотности, эквивалентные измеряемым цветным по степени ослабления действия светового потока на отдельные светочувствительные слои позитивных пленок — КП или на восприятие цветного изображения глазом — ВЭСП» — мне не говорило ни о чем.

Где-то с середины предложения смысл излагаемого начинал ускользать, и сколько бы я ни перечитывал эту фразу, к концу все равно оставалось ощущение чего-то недопонятого.

Собственно говоря, меня это особенно не волновало, поскольку можно промерять плотности на денситометре, даже не вникая в суть того, что из себя представляют фильтры, через которые производится замер, — как пользуемся мы, например, вилкой, не задумываясь, из какой стали она изготовлена.

Мы начинаем обращать внимание на многие вещи лишь после какого-то события, выведшего нас из привычного состояния равновесия. Человек, наверное, никогда бы не задумывался о природе электрического тока, если бы его время от времени им не било.

Известие о том, что с января 1987 года введен новый ГОСТ на денситометрирование, ударило меня, как током. Нововведение заключалось в том, что теперь черно-белый негатив надо промерять не через фильтр видности как прежде, а почему-то через синий фильтр.

Я очень долго негодовал по этому поводу и искал в уме неопровержимые доказательства несостоятельности нововведения (не всегда новое лучше старого). Хотя ясно давал себе отчет в том, что задача это нелегкая, что прежде, чем критиковать этот принцип промера, надо разобраться со спектральным пропусканием фильтров, установленных в денситометре, со спектральной чувствительностью кинопленок, составить представление о фильтре «видности», (к тому же говорят, что кроме статуса «М» и статуса «А» есть еще статус «D» и статус «Т»). Я же ни над одним из этих вопросов серьезно не задумывался, тем более, не произ-водил ни одного специального замера и испытания и, честно признаться, имел довольно смутное представление, где, на каком оборудовании и как все это буду делать. Так что в ближайший год, мне казалось, дело с места не сдвинется.

Однако решение пришло совсем внезапно.

Но если мысли о переустройстве работы городского транспорта приходят ночью на автобусной остановке после пятой выкуренной сигареты или зимой в троллейбусе, где, несмотря на тесноту, еще холодней, чем на улице, мысль, разрешившая мои противоречия, пришла не во время работы за денситометром и не тогда, когда листал страницы толстых справочников (которых, к сожалению, у меня нет), а тогда, когда ехал в поезде на верхней полке.

Поскольку всякая мысль приходит не в виде грамматически правильно вы-

строенных предложений с соблюдением синтаксиса, а в виде постоянно ускользающей прозрачной медузы, то сейчас, переведя все образы и картины в слова, я рискую потерять то, что в свое время так поразило меня.

Всем известно, что напечатать с цветного кинонегатива черно-белый позитив — дело довольно трудное. Оранжевая маска негатива задерживает почти все синие лучи, к которым чувствительна черно-белая позитивная кинопленка, и даже если при печати поставить предельно возможный в субтрактивном процессе 20-й номер света, позитивное изображение все равно выйдет недоэкспонированным, белесым.

Поэтому на производстве обычно прибегают к процессу контратипирования, когда с цветного негатива сначала печатают цветной позитив (который, естественно, не имеет оранжевой маски), потом с цветного позитива печатают черно-белый дубль-негатив, и уже с черно-белого дубль-негатива печатают черно-белый позитив.

Цветной маскированный негатив печатается с трудом только на черно-белый позитив, но проблемы, существующие с печатью, исчезают при печати на цветной позитив.

По-видимому, дело заключается в самих позитивных пленках, в их чувствительности к разным лучам, т.е. в их спектральной чувствительности. Цветной позитив «очувствлен» ко всему видимому спектру, а черно-белый позитив имеет чувствительность лишь в сине-фиолетовой зоне. И если при печати на черно-белый позитив синие лучи будут сильно задержаны желто-оранжевой маской негатива, черно-белый позитив не получит достаточной экспозиции, ведь остальные лучи (зеленые, желтые, оранжевые, красные), легко проходящие через маску, не смогут вызвать в черно-белой пленке никакого выхода плотности. Поэтому, производя печать на черно-белый позитив, мы должны знать, сильно ли наш негатив задержит синие лучи. А узнать это мы сможем, пропуская через негатив поток синих лучей и наблюдая за тем, насколько сильно этот свет задерживается, т. е. промеряя негатив на денситометре через синий светофильтр.

Получается, что промерять плотность черно-белого негатива имеет смысл только через синий фильтр, имитирующий зону спектральной чувствительности черно-белой позитивной пленки.

Денситометр представляет из себя модель копировального аппарата. В копировальном аппарате свет от лампы, пройдя через негатив, попадает на позитив. Так и в денситометре — свет вначале проходит через негатив, а потом через фильтр попадает на светоприемник. Светоприемник (в денситометре ДП-1 это фотоэлектронный умножитель ФЭУ-55 с полупрозрачным висмуто-серебряно-цезиевым фотокатодом со спектральной характеристикой в области 310-770 нм), перекрытый синим светофильтром, выполняет роль позитивной кинопленки. То есть фотоэлемент видит проходящий через негатив свет только в том диапазоне, в котором может видеть его черно-белая позитивная кинопленка.

Свет в кинокопировальном аппарате проходит вначале подложку и лишь затем — эмульсионный слой негатива. Так и при промерах плотностей для получения тождественных практике результатов следует располагать негатив на денситометре таким образом, чтобы свет вначале проходил через основу, а затем — через эмульсию: помещать негатив эмульсионной стороной вверх.

Получающиеся при этом значения плотностей называются эффективными, что на привычном русском языке означает «действительные». Действительные, т. е. отвечающие практическому их использованию. Причем действительными они являются лишь для данных условий. Если условия изменяются, то изменяются и значения эффективных плотностей. Наиболее наглядно это можно проследить на плотностях съемочных фильтров.

Если мы зададимся вопросом: какую плотность имеет тот или иной участок негатива или какую плотность имеет тот или иной светофильтр, — то увидим, что ответ вовсе не однозначен. Ультрафиолетовый фильтр, который фотографы используют чаще как защитное стекло, кажется совершенно прозрачным, не имеющим практически никакой плотности. Но для пленки он будет работать именно как фильтр, срезая чувствительность в ультрафиолетовой области. Особенно заметно его влияние будет наблюдаться в горах, где много ультрафиолетовых лучей. И, конечно же, такой фильтр будет просто помехой, если съемка должна вестись в ультрафиолетовых лучах. В этом случае совершенно прозрачное по нашим бытовым представлениям стекло может оказаться непреодолимой преградой для получения снимков в ультрафиолетовых лучах.

И наоборот — фильтры, плотность которых бесконечно велика по нашим понятиям, могут быть совершенно прозрачны для пленок. Например, «черный» фильтр для съемок в инфралучах, такой, как ИКС1 (ИнфраКрасное Стекло). Он задерживает весь видимый свет (пропускание начинается после 740 нм), и поэтому нам он кажется черным. А с точки зрения пленки «кино-инфра», чувствительной к инфракрасным лучам, это будет совершенно прозрачное стекло — в инфракрасной

Вообще, ПЛОТНОСТЬ - ВЕЛИЧИНА ОТНОСИТЕЛЬНАЯ. МЫ НЕ МОЖЕМ СКАЗАТЬ НИЧЕГО ОПРЕДЕЛЕННОГО О ПЛОТНОСТИ, ПОКА НЕ БУДЕТ УКАЗАНО, ЧТО ЯВЛЯЕТСЯ ПРИЕМНИКОМ СВЕТА, ПРОШЕДШЕГО ЧЕРЕЗ ЭТУ ПЛОТНОСТЬ.

области коэффициент пропускания близок к 90%.

Если светоприемником является глаз, фильтр имеет одну вполне определенную плотность, и мы воспринимаем эту плотность как нечто неизменное. Но если речь идет о другом светоприемнике, например, об инфрачувствительной пленке или даже об обыкновенной, привычной нам, черно-белой негативной кинопленке, для них этот фильтр имеет соответственно другие плотности, которые могут отличаться от визуальных в весьма ощутимых пределах.

Все светочувствительные приемники, в отношении которых приходится определять эффективные плотности, не столь многочисленны. Их, в принципе, можно свести в несколько групп.

● ***1-ая группа светоприемников*** — черно-белые негативные фотографические материалы.

Возьмем пример, с которым мы часто сталкиваемся — определение кратности цветного фильтра при работе на черно-белом материале. Например, красный фильтр из стекла КС-11 поступает в продажу с маркировкой К-5,6^{x}, но это вовсе не значит, что его кратность всегда 5,6. Только для изохроматической черно-белой пленки (типа ФН-64) его кратность будет близка к 5,6, поскольку этот фильтр срезает спектральную чувствительность так, что оставшийся кусочек чувствительности в красной зоне составляет примерно 1/6 от общей чувствительности. Для изопанхроматической пленки (типа ФН-250) это будет уже 5-кратный фильтр, поскольку после установки этого фильтра на объектив камеры у пленки остается рабочей еще около 1/5 от чувствительности (см. рис 4).

Однако, эти рассуждения справедливы лишь в том случае, если речь идет о съемке при дневном свете с цветовой температурой около 5500 К. Когда же съемка через красный фильтр на пленке ФН-250 производится при лампах накаливания (цветовая температура около 3000 К), кратность красного фильтра с указанного на оправе значения 5,6 уменьшается до 3,5.

● **2 группа**. К этой группе светоприемников следует отнести светочувствительные слои цветной обращаемой (или негативной) кинопленки. Во время съемок

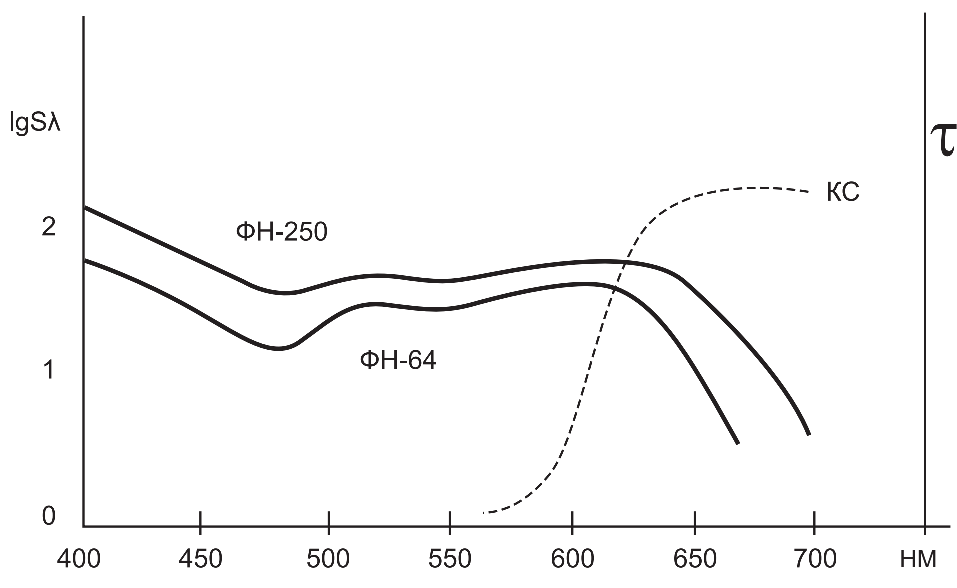


Рис 4. Спектральная чувствительность фотопленок ФН-64 и ФН-250 и спектральное пропускание красного светофильтра

на цветные негативные и обращаемые пленки приходится определять цветовую температуру. Три фильтра (синий, зеленый, красный), установленные в измерителе цветовой температуры, например, в колориметре «Триколор» или в колориметре «Минольта», вместе со светочувствительным элементом этого прибора, повторяют спектральную чувствительность цветных обращаемых (или негативных) материалов, по-скольку прибор должен увидеть цветность источника света именно так, как это «видит» кинофотоматериал. Например, колори-метр покажет, что люминесцентные лампы «зеленят» (на колориметре «Минольта-2» значение СС отклонится в зеленую сторону), в то время как глаз никакого избытка зелени в освещении не заметит. Максимум чувствительности зеленых рецепторов глаза не совпадает с максимумом чувствительности зеленочувствительного слоя негативной кинопленки и соответственно с максимумом пропускания зеленого фильтра, установленного в колориметре. А на пленке лампы «дневного света» будут получаться зеленоватыми, что видно хорошо видно на любом слайде, когда при съемке в кадр входят люминесцентные лампы.

● **3 группа**. Светоприемником являются слои цветной позитивной кинопленки или цветной фотобумаги.

Цветная позитивная кинопленка считывает информацию с цветного негатива. Чтобы определить, как будет воспринимать позитивная кинопленка те или иные плотности в цветном негативном изображении, для промера плотностей придуман специальный статус денситометра — статус «М»-три фильтра (синий, зеленый, красный), которые вместе со спектральной чувствительностью фотоэлектронного умножителя денситометра имитируют зональную чувствительность цветной позитивной кинопленки. Поэтому за этим статусом промеряют плотности того материала, который будет копироваться на цветной позитив, в первую очередь плотности цветного негатива и цветного контратипа. Плотности негативного изображения оцениваются как бы глазами цветной позитивной кинопленки. Промеренные таким образом плотности называются копировальными.

● ***4 группа***. Светоприемник — черно-белая позитивная кинопленка.

Имитация такого светоприемника достигается либо с помо-щью специального синего фильтра (как, например, в денситометре ДП-1), либо путем использования синего фильтра статуса «М» (денситометр «Макбет TD-504» или «Брумикро»). Нет смысла повторять, что в этом режиме промеряются плотности черно-белого негатива.

● ***5 группа.*** В качестве светоприемника выступают светочувствительные рецепторы глаза.

Спектральную чувствительность глаза имитируют три специальных фильтра денситометра (синий, зеленый, красный), объединенные вместе под названием статус «А». В этом статусе промеряют те плотности, которые будет оценивать глаз: плотность цветного позитивного изображения, плотности на цветных слайдах (цветная обращаемая пленка), изображение на цветной фотобумаге.

● ***И, наконец, 6 группа*** — интегральная чувствительность глаза.

Её имитация необходима, когда речь идет о плотностях на черно-белой позитивной кинопленке, на черно-белой фотобумаге и на черно-белых слайдах.

Светофильтр W-106, установленный в денситометре «Макбет» (W — светофильтр фирмы Рэттен /Wratten/, 106 — соответствующий номер по каталогу светофильтров этой фирмы), с фотоприемником S-4 (тип спектральной чувствительности фотокатода денситометра) воспроизводит интегральную спектральную чувствительность человеческого глаза. Это - «фильтр видности». Т.Джеймс приводит его характеристики так, как указано на рис.5. (Однако, по нашим данным, светофильтр W-106 не совсем точно приводит чувствительность фотоэлемента к кривой спектральной эффективности глаза, что вызывает при промерах плотностей появление определенной ошибки.)

В зависимости от типа используемых светоприемников эффективные плотности получили специальные названия. Некоторые из этих названий постоянно встречаются в литературе, как, например, «КП» (копировальная плотность) или

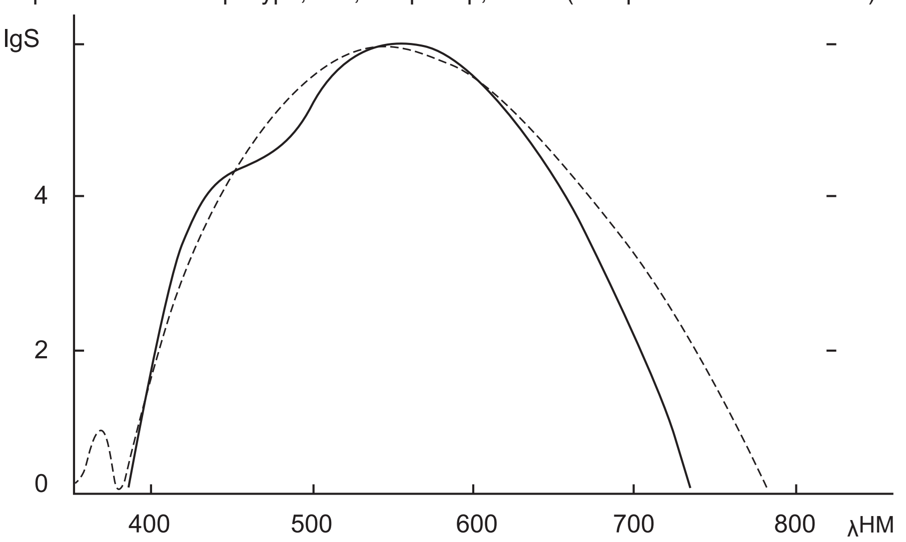


Рис 5. Спектральный ответ денситометра со светофильтром Кодак Рэттен W-106 (——) и колориметрическая функция смешения цветов Yλ в системе МКО 1931 г. для источника света с цветовой температурой 3200 К (– – –)[1].

«ВЭСП» (визуально-эквивалентная серая плотность), но чаще употребляется просто фраза «эффективная плотность». Иногда вводятся специальные индексы и значки. Но даже без специальных указаний фраза «эффективная плотность негатива» будет понята однозначно: речь идет о копировальной плотности. Точно так же, говоря о плотностях в позитивной фильмокопии, само собой подразумевается, что эти плотности оцениваются с «точки зрения» глаза, в ВЭСПах.

Как представить единицу плотности ВЭСП ?

Из набора корректирующих фильтров для цветной печати выберите три таких фильтра (желтый, пурпурный и голубой), которые, сложенные вместе, дадут серый цвет.

Если в одну руку взять кусочек черно-белой позитивной пленки, равномерно засвеченной и проявленной таким образом, что полученная плотность будет уменьшать поток проходящего света в 10 раз (то есть иметь оптическую плотность D=1), а в другую руку взять визуально ничем не отличающийся серый фильтр, составленный из трех светофильтров (т.е. из трех красителей), то плотность этого комбинированного фильтра будет тоже равна единице. Этот фильтр будет визуально эквивалентен серому фильтру — серому полю на позитивной кинопленке. Мелкодисперсное серебро, из которого состоит изображение на позитивной кинопленке, спектрально неизбирательно, поглощение серебряного фильтра не зависит от длин волн проходящего света, поэтому спектральная характеристика пропускания (или поглощения) будет выглядеть в виде прямой линии. А серое поле, составленное из трех цветных фильтров, хоть и кажется нам серым, имеет не прямую линию поглощения по спектру, а волнистую. Также волнообразно выглядит спектральная кривая поглощения серого поля на цветной позитивной кинопленке (рис. 6).

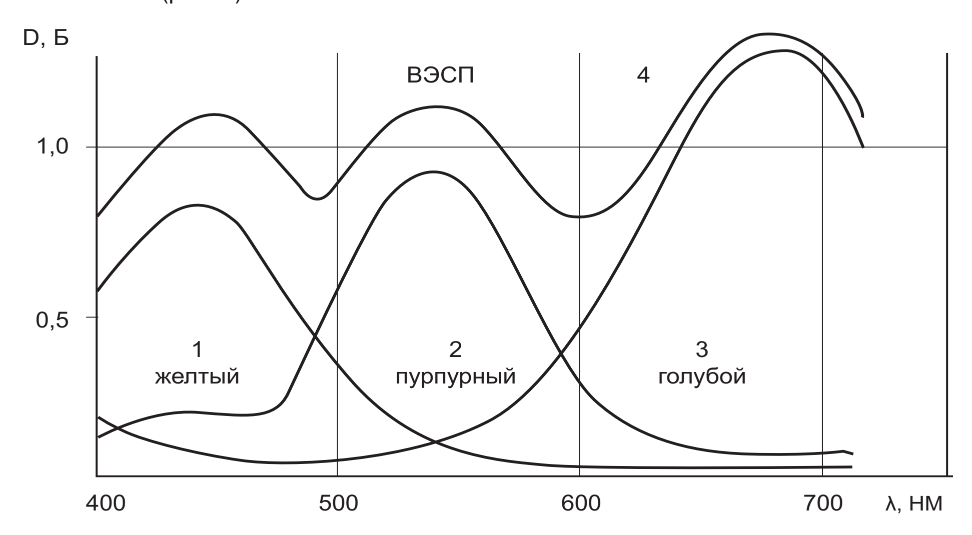


Рис 6. Серое поле на цветном позитиве:
1 — кривая спектрального поглощения желтого красителя;
2 — кривая спектрального поглощения пурпурного красителя;
3 — кривая спектрального поглощения голубого красителя;
4 — суммарная плотность (визуально эквивалентное серое поле)

1. Рисунок взят из книги: Джеймс Т. Теория фотографического процес-са. Пер. с англ. 2-е русское издание. — Л.: «Химия», 1980, с.515.

За единицу ВЭСП принимается такая концентрация трех красителей (желтого, пурпурного и голубого), которая в результате оказывает на глаз такое же воздействие, что и спектрально неизбирательное серое поле (например, из мелкодисперсного металлического серебра на черно-белой позитивной кинопленке) с оптической плотностью единица.

Если же визуально точно подобранную пару серых фильтров (один — из металлического серебра, а другой — из красителей) положить на цветную фотобумагу и проэкспонировать под фотоувеличителем, то после проявки мы увидим под фильтрами два различных по цветовому тону изображения. Эти два фильтра были равноценны (эквивалентны) только для восприятия глазом, но для фотобумаги они оказались неравнозначны.

Если же мы хотим получить одинаковый ответ на цветном позитиве от серого из мелкодисперсного серебра и «серого», составленного из красителей, то нужно изменить соотношение желтого, пурпурного и голубого красителей между собой. Такой «серый» — с точки зрения позитивного материала — копировально серый, составленный из трех красителей, будет восприниматься визуально коричневым (см. предыдущую статью). За единицу копировальной плотности (КП) принимается такая концентрация желтого, пурпурного и голубого красителей, которая в совокупности оказывает на цветную позитивную кинопленку такое же воздействие, что и спектрально неизбирательное (серое) поле с оптической плотностью единица.

Поскольку плотности фильтра, негатива или позитива, как можно заметить, промеряют в максимумах чувствительности последующей стадии (фильтры оцениваются как бы с «точки зрения» негативного материала, плотности негатива промеряются в зонах чувствительностей позитивного материала, а плотности позитива оцениваются глазом), то можно выстроить следующий ряд соотношений.

Таблица 1. Имитация светоприемников на различных стадиях

ПОСЛЕДОВАТ-Е СТАДИИ	ФИЛЬТР ->	НЕГАТИВНАЯ КИНОПЛЕНКА	ПОЗИТИВНАЯ КИНОПЛЕНКА	ГЛАЗ НАБЛЮДАТЕЛЯ
Имитация в цветном процессе		статус «D» колориметра	статус «M» денситометра	статус «A» денситометра
Имитация в ч/б процессе:		открытый фотоэлемент экспонометра	синий фильтр денситометра	фильтр видности денситометра

На каждой из этих стадий допустимо использование понятия «эффективная плотность»: эффективная плотность фильтра, эффективная плотность негатива, эффективная плотность позитивного изображения, поскольку слово «эффективная» означает «действительная» плотность, т.е. отвечающая практическому ее использованию в данных условиях.

ПОЧЕМУ НЕ РАВНЫ РАВНЫЕ ГРАДИЕНТЫ

На одной из прошедших в Доме Кино презентаций новых пленок «Кодак» представителям фирмы был задан вопрос о том, каких средних градиентов по слоям придерживаются на фирме при изготовлении цветных негативных кинопленок: равных или не равных?

Был дан ответ, что равными выдерживаются средние градиенты только верхнего и среднего слоев, около 0,60, а средний градиент нижнего слоя держится ниже, на уровне 0,50 — это делается для того, чтобы правильно передать цвет лица, поскольку очень часто оно получается слишком розовым.

Не отрицая того, что снижение градиента красночувствительного слоя может привести к уменьшению красной составляющей в цвете лица, автор тем не менее считает, что существует более важная причина, заставляющая выпускать пленки с неравными градиентами.

* * *

Представьте себе кинооператора, которому постоянно твердили, что та область, которой он занимается, пишется так: «кинОматография» (от слова «кино»). И вот однажды оператор, заглянув в орфографический словарь, вдруг обнаруживает, что слово пишется несколько иначе: «кинЕматография».

Если вы можете представить то замешательство, которое вдруг испытал оператор, то наверняка поймете и мое состояние, когда, открыв технические условия на цветные негативные кинопленки, я вдруг наткнулся на неожиданную строку.

Нам постоянно твердили, что все три слоя цветной негативной пленки должны иметь одинаковые контрасты и их характеристические кривые должны идти параллельно, что у хорошей пленки разбаланс по контрасту должен быть как можно меньше, а здесь, в технических условиях на пленку ЛН-8 (тогда еще выпускалась эта пленка), совершенно хладнокровно отмечалось, что средний градиент синечувствительного слоя должен быть на 0,15 выше средних градиентов зеленочувствительного и крас-ночувствительного слоев. В ТУ на ДС-5м и ЛН-9 сохранялась всё та же диспропорция: наклон характеристической кривой синечувствительного слоя должен быть больше двух остальных. Зеленочувствительный слой должен отставать по контрастности от сине-го на 0,05, а красночувствительный слой — идти на 0,05 ниже зеленого.

Т.е. кривые должны расходиться веером.

Выписка из ТУ:

Цветная негативная кинопленка ДС-5м
ТУ: 6-17-691-88 срок введения 27.04.88 срок действия до 01.01.96
g в/с 0,56-0,66
g с/с 0,50-0,60
g н/с 0,46-0,56

Цветная негативная кинопленка ЛН-9
ТУ: 6-17-144.3-88 срок введения с 01.04.88 до 01.04.94
g в/с 0,56-0,66
g с/с 0,50-0,60
g н/с 0,46-0,56

В стенах ВГИКа я слышал несколько типичных объяснений этого «парадокса». Одно из них сводилось к тому, что разница в контрастах связана со светорассеянием в слоях: «Поскольку наибольшее светорассеяние по мере прохождения света через эмульсию наблюдается в нижнем, красночувствительном слое, то и контраст там получается меньше».

Подобный тип объяснения сводится к тому, чтобы в ответе так или иначе прозвучала вожделенная фраза. В данном случае такая: «...контраст в красночувствительном слое меньше». Как только она прозвучит, объяснение можно прерывать, иллюзия ясности как бы внесена. Но в том-то все и дело, что это лишь иллюзия объяснения. Если взять за отправную точку тезис о влиянии светорассеяния на контрастность и продолжить рассуждение дальше, результат выйдет прямо противоположным ожидаемому. Действительно, светорассеяние в эмульсии снижает контрастность нижележащих слоев, но тогда, чтобы скомпенсировать предполагаемое падение контраста по глубине пленки, следует держать значение контрастности в нижних слоях заведомо выше, но никак не наоборот.

Можно провести следующую аналогию — со светочувствительностью. Свет, проходящий через слои, не только рассеивается, но и частично поглощается светочувствительным веществом, нижележащие слои получают света все меньше и меньше, поэтому при прочих равных условиях можно ожидать, что светочувствительность нижнего, красночувствительного слоя, окажется в 2-3 раза меньше чувствительности синечувствительного слоя (средний слой получет света примерно в полтора раза меньше, а нижний слой — в 2,5 раза меньше верхнего). Однако, зная об этом, красночувствительный слой делают на фабрике заведомо высоким по чувствительности, чтобы таким образом в готовой пленке сравнять светочувствительности слоев. Точно также и с контрастностью. Можете быть уверены, при изготовлении кинопленки были предприняты контрмеры, чтобы не допустить снижения контрастности слоя из-за светорассеяния.

Другой тип объяснения сводится к тому, чтобы, вообще ничего не объясняя, произнести некую научную фразу. Собеседник из скромности или нежелания показать свою некомпетентность не станет допытываться, что же произнесенная фраза может означать, и сочтет свою любознательность удовлетворенной.

Типичным примером такого подхода является ссылка на то, что красители наших негативных пленок сильно отличаются от красителей пленки «Кодак», и чтобы учесть эту разницу, вносят соответствующие поправки в градиенты. Утверждение столь же туманное, сколь и невежественное. Зафиксированная в ТУ разница в средних градиентах придумана не нами и не для наших пленок, а идет из-за океана, где о наших пленках и наших красителях, вероятно, ничего не знают.

И уж совсем редко приходится слышать ответ, что причина численного разбаланса по контрасту связана с неточным подбором фильтров в денситометре для промера плотностей негатива. А именно к этому, в принципе, и сводится весь ответ.

Денситометр по статусу «М» должен выдавать значения ко-пировальных плотностей, то есть давать такой же ответ, что и цветная позитивная кинопленка. Денситометр для того нам и нужен, чтобы узнать, как во время копирования отреагирует цветной позитив на плотности нашего негатива. Денситометр должен «видеть» негатив как бы глазами позитивной кинопленки. Светоприемник денситометра (фотоэлектронный умножитель) вместе с тремя фильтрами (синим, зеленым, красным) статуса «М» должен имитировать спектральную чувствительность цветной позитивной кинопленки. Лишь в таком виде показания денситометра могут иметь какой-то практический смысл. Светоприемник денситометра никак не может зависеть от красителей негатива: спектральная чувствительность денситометра за статусом «М» должна соотноситься лишь со спектральной чувс-

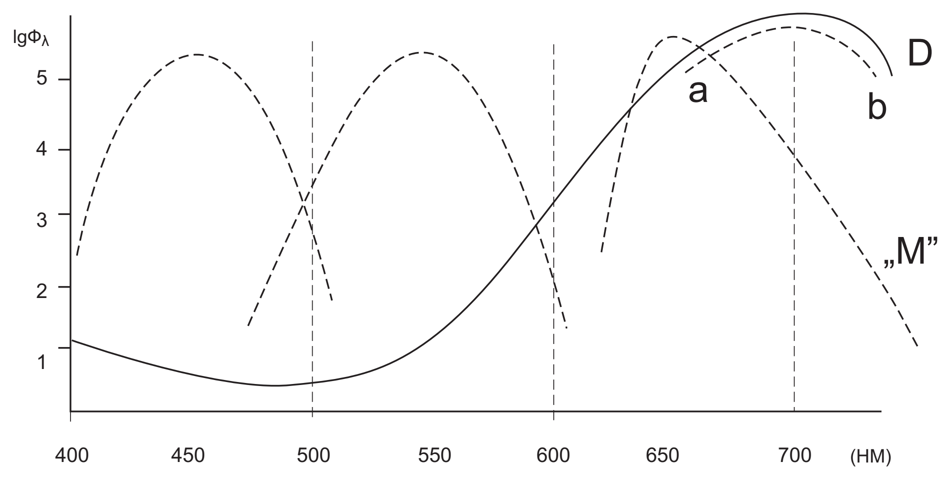


Рис 7. Кривые спектрального ответа денситометра по статусу «М» (— — —); ab — участок голубого красителя негатива, где его «видит» цветная позитивная кинопленка в аддитивном кинокопировальном аппарате

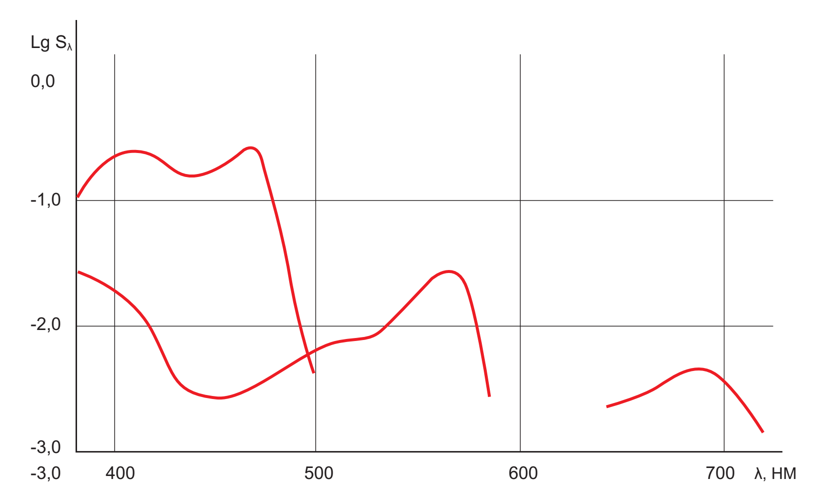


Рис 8. Спектральная чувствительность цветной позитивной кинопленки («Фудзи» LP 8816) по данным фирмы

твительностью цветного позитива

Если взглянуть на кривые спектрального ответа денситометра по статусу «М» (рис. 7) и положить рядом кривые спектральной чувствительности цветных позитивных пленок, которые фирма «Кодак» или «Фудзи» приводят в каждом рекламном проспекте (рис. 8), то тут же в глаза бросится существенная разница. Наиболее всего она заметна в красной зоне. Максимум чувствительности «красного» слоя позитивных пленок приходится почти на инфракрасную зону, на длины волн около 690 нм (как у отечественных, так и у зарубежных позитивных пленок). Это делается для того, чтобы красночувствительный слой позитива «видел» голубой краситель негатива в максимуме его поглощения (линия a-b на рис.7), а этот максимум поглощения у разных голубых негативных красителей приходится на 680 — 700 нм. В то же время красный светофильтр статуса «М», установленный в

Цвет светофильтра	Kodak Статус A	Kodak Статус M
синий	98 + 98 + 2E	48 + 48 + 2A
зеленый	74	53 + 53
красный	29 + 25	92 + 92

Таблица 2. Светофильтры, установленные в статусах денситометра

денситометре, имеет максимум пропускания около 640 — 650 нм.

Из приведенной вышетаблицы, видно, что под понятием красный фильтр денситометра» скрываются два одинаковых красных фильтра W-92, сложенных вместе. По отдельности каждый фильтр имеет максимум пропускания около 630 — 640 нм, а два вместе смещают этот максимум на 10 нм в длинноволновую область.

Этот сдвоенный фильтр совершенно прозрачен для длин волн более 640 нм, и его «прозрачность» тянется далеко в инфракрасную зону, почти до 2400 нм. Но поскольку сам фотоприемник (фотоэлектронный умножитель денситометра) не имеет чувствительности в инфракрасной зоне (его чувствительность начинает резко спадать после 650 нм), ответ денситометра по красной зоне приобретает пикообразную форму с максимумом около 640-650 нм. Этому также способствует то обстоятельство, что в «красный фильтр денситометра» входит еще один фильтр — стекло СЗС2 (или стекло Корнинг 9780), которое задерживает инфракрасные лучи.

Эффективная плотность голубого красителя для светоприемника денситометра, перекрытого красным фильтром, оказывается примерно на 10% меньше, чем копировальная (т.е. действительная) плотность (то, как «увидит» краситель негатива красночувствительный слой позитивной пленки). Поэтому реальная плотность негатива в красной зоне будет на 10% больше, чем показывает денситометр — позитивная пленка "видит" голубой краситель негатива при печати на аддитивном копировальном аппарате несколько в другом участке.

Автору удалось убедиться в этом с помощью простого эксперимента. На позитивную кинопленку ЦП-8р с помощью чешского аддитивного кинокопировального аппарата OZX-1A печатался импровизированный «негатив»: две полоски «изображения» — одна полоска голубая, другая — серая. Обе полоски, и голубая, и серая, имели одинаковую «денситометрическую» плотность — 0,95 за красным фильтром статуса «М». Одна из них представляла собой голубой краситель негативной кинопленки «Кодак», а вторая — спектрально неизбирательную серую плотность (черно-белое изображение). Печать производилась через один красный светофильтр копировального аппарата. В качестве красного светофильтра в копировальном аппарате используется полупрозрачное зеркало с интерференционным покрытием. По логике следовало ожидать одинакового ответа позитивной кинопленки на одинаковые плотности негатива. Но, как видно из приведенной ниже таблицы, позитивная пленка по-разному среагировала на «одинаковые» плотности негатива: под серым полем образовалась плотность 1,35, а под голубым полем — всего 0,97. Это свидетельствовало о том, что голубое поле негатива задерживает красные лучи в большей степени, чем серое, т.е. имеет большую копировальную плотность.

Для сравнения на позитив печаталось еще одно серое поле, с плотностью 1,17. Под этим серым полем в позитиве образовалось красителя меньше всего - плотность составила 0,75 Б. Разница между двумя серыми полями составляла 0,22 Б (1,17 - 0,95 = 0,22). Этому изменению плотности в негативе соответствует изменение плотности в позитиве на 0,60 (1,35 - 0,75 = 0,60). Отсюда, составив пропорцию,

2 Стекло СЗС прибавляется ко всем комплектам светофильтров, за исключением фильтра видности.

можно определить, что реальная (т.е. копировальная) плотность полоски голубого красителя негатива находится посередине между 0,95 и 1,17, и составляет 1,09, что на 14% выше того значения, что показывает денситометр по статусу «М».

Соответственно и копировальный контраст будет на 10 —15% больше, чем контраст, определенный при промере негатива за красным фильтром статуса «М». Если согласно построенной характеристической кривой средний градиент красночувствительного слоя получается 0,50, то это значит, что действительная степень контрастности во время печати негатива на позитив будет как минимум на 10—14% больше, около 0,55-0,57.

Таблица 3. Результат печати трех полосок негатива на цветную позитивную кинопленку через красный светофильтр кинокопировального аппарата

Плотность негатива, измеренная за красным фильтром статуса «М»		Ответ позитива (плотность за красным фильтром статуса «А»)	
серое поле 1	0,95	1,35	голубой краситель
голубой краситель негатива	0,95	0,97	голубой краситель
серое поле 2	1,17	0,75	голубой краситель

Если еще раз взглянуть на кривые спектральной чувствительности цветной позитивной кинопленки и ответ денситометра по статусу «М», но обратить на этот раз внимание на соседнюю зону спектра, то можно заметить, что расхождения в зеленой зоне не столь значительны. Это подтверждает и эксперимент. Денситометрическая плотность за зеленым фильтром статуса «М» и копировальная плотность в зеленой зоне практически совпадают. Поэтому можно считать, что показания денситометра за зеленым фильтром статуса «М» верны.

Когда же мы возьмем кривую спектрального поглощения желтого красителя негатива и на нее последовательно спроецируем спектральный ответ денситометра в синей зоне и кривую фотоактиничного потока синечувствительного слоя позитивной пленки, то расхождения будут иного рода: денситометрическая плотность станет выше копировальной. «Синий фильтр денситометра» (комплект из двух одинаковых синих фильтров W-48A и фильтра 2A, поглощающего ультрафиолет) имеет максимум пропускания около 440-450 нм, поэтому максимум чувствительности синей зоны денситометра приходится почти на максимум поглощения желтого красителя негатива. А синечувствительный слой позитивной пленки "видит" этот желтый краситель в более коротковолновом диапазоне. Отсюда и появляется разница между денситометрическими и копировальными плотностями в синей зоне. Но здесь наоборот — меньше оказывается копировальная плотность, и тоже примерно на 10%. Поэтому рекомендуемые значение среднего градиента по синей зоне 0,60 следует воспринимать не как 0,60, а как 0,55.

И если фирма «Кодак» рекомендует для негативных пленок поддерживать следующие значения средних градиентов (по статусу «М»):

при промере за синим фильтром — ср. g = 0,60,
при промере за зеленым фильтром — ср. g = 0,55
при промере за красным фильтром — ср. g = 0,50
то это означает, что фактически фирма рекомендует для всех трех слоев совершенно одинаковую степень контрастности — 0,55.

И если фирма «ORWO» для цветной фотопленки NC-21 рекомендует следую-

щие значения средних градиентов (статус «М»):
при промере за синим фильтром — ср. g = 0,77
при промере за зеленым фильтром — ср. g = 0,67
при промере за красным фильтром — ср. g = 0,57
то это означает, что фактически фирма рекомендует для всех трех слоев совершенно одинаковую степень контрастности.

В синей и красной зоне разница между денситометрическими и копировальными плотностями примерно одного порядка, около 10%. В.Зернов в книге «Фотографическая сенситометрия» приводит следующие коэффициенты перевода показаний денситометра в реальные копировальные плотности:

Кс = 1,11, Кз = 0,98, Кк = 0,93[3]

Чтобы найти действительную плотность по синей зоне, показания денситометра следует делить на 1,11 (они уменьшатся), а показания денситометра по красной зоне делить на 0,93 (они увеличатся). Расхождениями в зеленой зоне можно пренебречь.

Правда, эти данные приводятся для печати негативной пленки ЛН-7 на позитив ЦП-8р (книга вышла в 1980 г.). Однако с тех пор ничего не изменилось: красители в негативной пленке ЛН-9 те же, что и в ЛН-7, а спектральная сенсибилизация позитивной пленки ЦП-8р не претерпела каких-либо заметных изменений.

Характеристики по статусу «М» были определены из условия наилучшего приближения непосредственно измеряемых плотностей к величинам копировальных плотностей (Dкп) для пленок «Кодак» начала 60-х гг. Эти характеристики определены из условия воспроизведения спектральной чувствительности слоев пленки «Истмен Колор принт фильм» тип 5385 в копировальном аппарате «Белл-Хауэлл». В 1972 г. характеристики денситометрии по статусу «А» и статусу «М» были уточнены и нормированы, однако, как мы видим, определены характеристики были просто бездарно.

Новые рекомендуемые (неравнозначные) градиенты появились у нас в стране вместе с широким распространением денситометров «Макбет». До этого промер плотностей цветного негатива проводился через другие фильтры (не те, которые указаны в таблице), ответ которых был значительно ближе к реальности, чем показания за статусом «М». И пленки по ушедшим стандартам были равноконтрастными уже при построении характеристических кривых. Город Изюм до недавнего времени (всего каких-то лет десять назад) выпускал денситометры ДП-1 с настоящими фильтрами, и на поворотном диске, где нанесены все обозначения для промеров, в красной зоне для негативов было выведено число «688», что означало, что максимум пропускания красного фильтра приходится на эту длину волны. Именно на эти длины волн приходится максимум поглощения голубого красителя и именно в этом районе будет находиться максимум чувствительности красночувствительного слоя позитивной кинопленки.

Но для унификации замеров негативов по всей стране (в связи с принятием новых стандартов) Базовая метрологическая служба по сенситометрии (территориально расположенная в НИКФИ) заменяет наши стеклянные, окрашенные в массе фильтры на фолиевые кодаковские. На выпущенных в последнее время денситометрах ДП-1 место числа «688» заняло совсем другое значение — «650».

Т.Джеймс, книга которого «Теория фотографического процесса» является настольной энциклопедией всякого уважающего себя работника пленочной ки-

3 Зернов В.А. Фотографическая сенситометрия. — М.: Искусство, 1980, стр.182-183.
4 Джеймс Т. Теория фотографического процесса: Пер. с англ. 2-е русское издание. - Л.: «Химия», 1980, с. 515.

нопромышленности, приводит рисунок (стр. 21), показывающий различия спектральных характеристик статуса «М» и двух реальных копировальных систем[4].

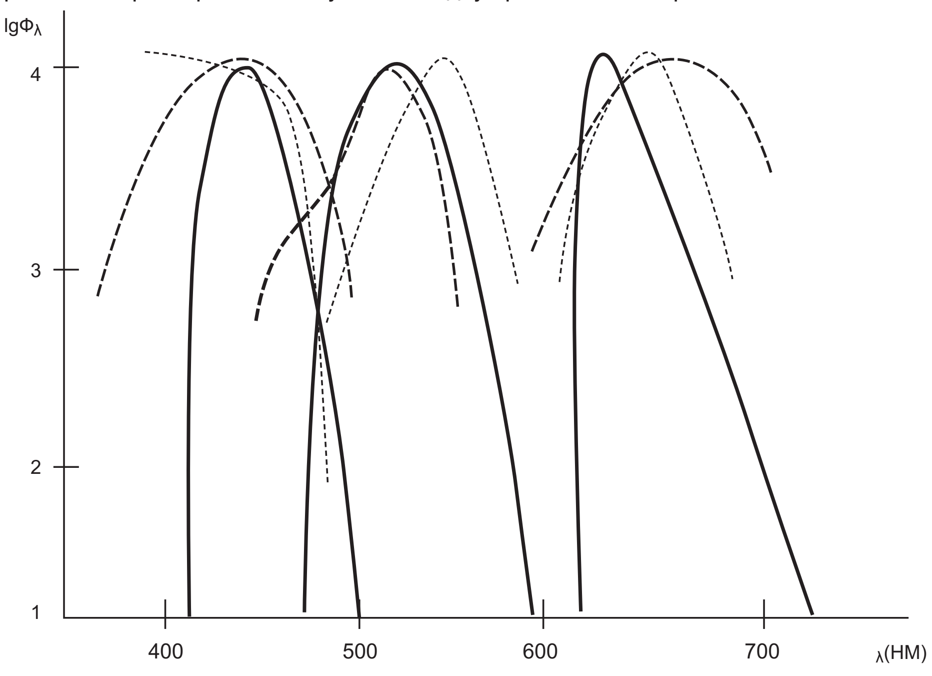


Рис 9. Спектральный ответ фотоприемников денситометра по статусу «М» (———) в сравнении со спектральной чувствительностью двух сочетаний — пленка + копировальный аппарат:
(– – –) — первая система, (·····················) — вторая система

Здесь видно, что даже при разных копировальных системах статус «М» неточно коррелирует с практикой, и заметнее всего разница в красной области спектра.

Вывод

Статус «М» (то есть три светофильтра денситометра вместе со спектральной чувствительностью фотоумножителя денситометра), за которыми мы промеряем плотности цветного негатива, плохо коррелирует с копировальными системами (светофильтры аддитивного копираппарата + спектральная чувствительность цветного позитива). Особенно это заметно в красной зоне и несколько меньше — в синей. В красной зоне показания денситометра будут с недостатком, а в синей зоне — с избытком по отношению к реальному ответу копировальной системы. Поэтому, чтобы учесть такое расхождение, ввели поправку на средние градиенты негатива. На равноконтрастной негативной пленке градиент, определенный по промерам за синим фильтром статуса «М», должен быть численно несколько выше, а за красным фильтром — численно несколько ниже необходимого значения. Отсюда равноконтрастные негативные кинопленки, будь то ЛН-9 или Кодак-5298, в численном значении будут выглядеть разбалансированными. Причем, если градиент по синему слою несколько выше, чем по красному — это норма, а если градиент по красному слою равен градиенту по синему слою — это уже разбаланс по контрастности, не говоря уже о случае когда средний градиент красного слоя выше среднего градиента синего слоя — явный и сильный разбаланс.

P.S. Как-то года три назад я попытался завести разговор с одним работником

научно-исследовательского института о том, что статус «М» неточен, поскольку промеряет красители негатива не в тех зонах, где следовало, и что есть смысл заменить его. Но меня тут же уличили в узости взгляда на данную проблему: нельзя вычленять зону пропускания фильтра из общего контекста и, рассматривая только один этот фактор, делать выводы. Говоря о спектральном ответе денситометра, нужно учитывать как минимум пять последовательных элементов, определяющих этот ответ: излучение источника света, общее относительное пропускание светопоглощающих сред, пропускание измерительного светофильтра, ответ фотоприемника и ток фотокатода. Именно от тока фотокатода будет зависеть то значение, которое высветится на денситометре. Поэтому ток следует записывать в виде интеграла, куда входят все перечисленные элементы. Кроме того нужно учитывать еще один интеграл — выражение копировальной плотности. Сюда входит излучение лампы копировального устройства, относительное пропускание его оптической системы, светочувствительность копировального материала по длинам волн и пропускание цветного поля изображения. Мне объяснили также, что никакая единая функция S* не дает адекватного представления ответа слоя и перешли на тему о том, по каким соображениям было принято операциональное определение Dкп. Мне стало как-то неловко за свою некомпетентность и неподготовленность, и когда разговор дошел до вычисления коэффициентов в трех рядах уравнений по методу наименьших квадратов, я тут же в знак согласия стал кивать головой и в первый же удобный момент перевел разговор на другую тему.

Больше к разговору о статусах денситометра я не возвращался.

О ПРЕИМУЩЕСТВАХ АДДИТИВНОГО СПОСОБА ПЕЧАТИ

Аддитивный способ цветной печати имеет определенные преимущества перед субтрактивным: на цветном фотоотпечатке можно получить большую насыщенность цвета. Этот факт общеизвестен и вряд ли у кого вызывает сомнение. Но вот среди причин, объясняющих повышение насыщенности цвета, упоминаются такие факторы, которые оказываются иногда неверными. Поэтому мне хотелось бы предостеречь вас от того, чтобы вы не ссылались на два ошибочных тезиса. Возможно, вы вспомните о них, когда речь зайдет об аддитивной печати.

Эти тезисы или неточны, или не имеют к данному вопросу прямого отношения, хотя и часто произносятся. Тезисы эти таковы:

1. Аддитивные светофильтры имеют узкую зону пропускания.
2. В субтрактивном процессе падение насыщенности цвета связано с тем, что субтрактивные фильтры пропускают свет одновременно и в синей, и в зеленой, и в красной зонах спектра.

При внимательном рассмотрении можно заметить, что второй тезис состоит из двух частей:

2а) падение насыщенности связано с субтрактивными фильтрами, и

2б) субтрактивные фильтры пропускают свет во всем диапазоне видимого спектра.

Действительно, любой субтрактивный светофильтр, задерживая лишь малую часть света, пропускает излучения всего видимого спектра. Но можно ли требовать от 20% - ного желтого фильтра, чтобы он полностью отсекал синие лучи, а от 5% - ного голубого, едва отличимого от обыкновенного стекла — чтобы совсем не пропускал красных лучей? Будь это даже 50% - ный или 90% - ный голубой фильтр

— он, кроме синих и зеленых, обязательно пропустит еще и часть красных лучей.

Подобное можно сказать о любом субтрактивном корректирующем светофильтре. Корректирующий светофильтр должен чуть-чуть уменьшить поток тех или иных лучей, заставив в позитиве выйти одного красителя немного больше, чем другого, скорректировав тем самым цветопередачу. Широкая полоса пропускания — это необходимое свойство корректирующих светофильтров, а не его недостаток. Если же корректирующий светофильтр будет отрезать одну из зон спектра, то результат будет просто чудовищный — в этой зоне спектра не выйдет соответствующий краситель и вместо трех красителей позитивное изображение будет состоять из двух красителей.

Ниже вы увидите, что большая насыщенность (чистота) цвета в аддитивном процессе (по сравнению с субтрактивным) никак не связана с качеством субтрактивных светофильтров и происходит по другим причинам.

Но вернемся к тезису № 1: аддитивные светофильтры для цветной печати (синий, зеленый, красный) имеют узкую зону пропускания.

Если бы читатели имели возможность воспользоваться спектрофотометром и прочертить кривую спектрального пропускания светофильтров, например, из набора «Спектрозон-1», то они увидели бы, что узкую зону пропускания (в 60-80 нанометров) имеет лишь зеленый фильтр: примерно от 500 до 570 нм. (Мне приходится говорить «примерно», потому что кривая пропускания фильтра сходит на нет плавно, и нужно специально условиться, какой процент пропускания следует принять за границу зоны; например, 10% от максимума.)

Итак, ширина зоны пропускания зеленого фильтра около 60-80 нм. А вот ширина зоны пропускания синего фильтра из набора «Спектрозон-1» примерно в 3 раза больше, чем у зеленого, и протянулась почти на 200 нм. Что же касается красного фильтра, то протяженность его зоны пропускания более 2000 нм, что в 10 раз больше, чем у синего фильтра, и примерно в 30 (тридцать) раз больше ширины зоны пропускания зеленого фильтра: эта зона тянется от 640 до 2800 нм.

Итак, не верьте тем, кто говорит, что у аддитивных фильтров узкая зона пропускания. У красного фильтра, например, она очень широкая. Не ссылайтесь на ошибочный тезис № 1.

Однако, как вы увидите далее, применение набора аддитив-ных фильтров даже с такими широкими зонами пропускания, все равно дает выигрыш в качестве цветопередачи по сравнению с насыщенностью, получаемой при субтрактивным способе печати. И дело тут вовсе не в качестве субтрактивных фильтров, хотя на это часто и ссылаются.

Для того, чтобы показать неприемлемость тезиса № 2, и убедиться, что субтрактивные фильтры не так уж и плохи, рассмотрим сначала один пример печати, в котором вообще не участвовали бы корректирующие субтрактивные фильтры.

Для этого предположим, что изготовление фотоотпечатка с цветного негатива субтрактивным способом не требует никакой коррекции. И буквально первая же печать без корректирующих светофильтров на «открытом» свету фотоувеличителя сразу обеспечила хороший результат. Это будет один отпечаток. Теперь с этого же негатива на ту же самую цветную фотобумагу на том же самом фотоувеличителе с той же самой лампой напечатаем снимок аддитивным способом — последовательно или, как в специальных конструкциях световой головки, одновременно — через три светофильтра (синий, зеленый, красный), подобрав соответствующим образом экспозицию. Это будет второй отпечаток.

Будет ли наблюдаться разница в фотоотпечатках, полученных аддитивным и субтрактивным способом?

Опытный фотограф сразу же ответит, что фотоотпечатки будут отличаться по насыщенности (или, другими словами, по чистоте) цвета.

Откуда взялось отличие? На какой стадии? Что изменилось в результате разных способов печати? Ведь все было совершенно одинаковым — фотоувеличитель, лампа, позитив, обработка.

Оказывается, в результате перехода от одного способа печати к другому меняется... негатив, его плотности; насыщенность цвета изменяется в самом негативе. Невероятно?

Привыкнуть к такому неожиданному повороту нетрудно. Попробуйте разобраться в изложенной ниже ситуации, и вы увидите, что не раз сталкивались с явлением изменения плотностей, просто особо не заостряли на нем внимания.

Представьте, что на съемку архитектуры вы вышли с черно-белой негативной фотопленкой (пусть это будет, например, ФН-64) и для притемнения голубого неба установили на объективе оранжевый светофильтр, приобретенный в фотомагазине. На оправе светофильтра указана его кратность: 2,8 (О-2,8^{x}), из чего следует, что он требует компенсации экспозиции в полторы диафрагмы. Но сняв этот кадр, вы вдруг решили, что данное архитектурное сооружение выглядело бы привлекательнее, если бы было снято на более контрастной фотопленке. Вы перезаряжаете фотоаппарат; негативную пленку ФН-64 меняете на черно-белую позитивную — МЗ-3л, но оранжевый фильтр оставляете. Сохранит ли теперь фильтр свою кратность? Будет ли достаточно для позитивной пленки увеличить экспозицию на полторы диафрагмы (в 2,8 раза) относительно экспозиции, рассчитанной без фильтра?

Этот вопрос показался вам, конечно же, элементарным и вы сразу же отметили, что кратность изменилась — ведь оранжевый фильтр пропускает только оранжевые и красные лучи, а позитивная черно-белая пленка к красным и оранжевым лучам не чувствительна. Поэтому поставить оранжевый фильтр на объектив, когда аппарат заряжен черно-белой позитивной пленкой — все равно, что закрыть объектив непрозрачной крышкой.

Такой простой пример позволяет проиллюстрировать тот факт, что плотность (или кратность) фильтра — величина не постоянная, относительная — и зависит от того, что будет являться приемником прошедшего через цветной фильтр света. Если приемником света является глаз, то светофильтр имеет одну плотность, если приемником света будет черно-белая негативная пленка — светофильтр имеет другую плотность, если же съемка ведется на пленке позитивной — оранжевый светофильтр имеет совсем иную, отличную от двух других случаев плотность.

И теперь, я думаю, нетрудно догадаться, почему в зависимости от способа печати меняются плотности негатива — меняются светоприемники.

Что же конкретно является приемником света в субтрактивном и аддитивном процессах?

Рассмотрим этот процесс на примере воспроизведения красного цвета.

Красный флаг в негативе, как известно, будет выглядеть голубым. А голубой краситель в потоке света, идущего от лампы фотоувеличителя, задерживает в значительной степени красные лучи, а фиолетовые, синие, голубые, зеленые и желтые проходят через голубой краситель почти свободно. Однако сами красные лучи, в зависимости от длины волны, поглощаются голубым красителем по-разному. Сильнее всего поглощаются лучи с длиной волны 690-700 нм, что хорошо видно из спектральной кривой поглощения голубого красителя (рис.10).

Приемником света, прошедшего через этот голубой краситель, будет являться цветная фотобумага, ее светочувствительные слои. И, конечно же, фотобумага "видит" краситель не так, как видит его глаз.

Поскольку в большей или меньшей степени голубой краситель негатива пропускает свет во всем спектре излучений, то можно сказать, что этот краситель будет

увиден всеми слоями цветной фотобумаги. Однако каждым слоем по-разному.

Красночувствительный слой фотобумаги, как известно, очувствлен к красным лучам. Но не к абстрактным «красным», а вполне определенным длинам волн. Его чувствительность начинается примерно от 540 нм (точка N), имеет небольшой пик при 640 нм (М-полоса) и достигает максимума при 700 нм (J-полоса); далее происходит резкий спад (точка K) (см. рис.11).

Красночувствительный слой увидит ту часть голубого красителя, которая отмечена на рис.10 линией АВ. Действие этого участка голубого красителя на красночувствительный слой фотобумаги для схематичности можно заменить интегральной плотностью — равнодействующей А’В’. Так происходит экспонирование красночувствительного слоя в субтрактивном процессе.

В аддитивном же процессе красный аддитивный фильтр (марка этого стекла КС-14, «КС» означает «красное стекло») начинает пропускать лучи только пос-

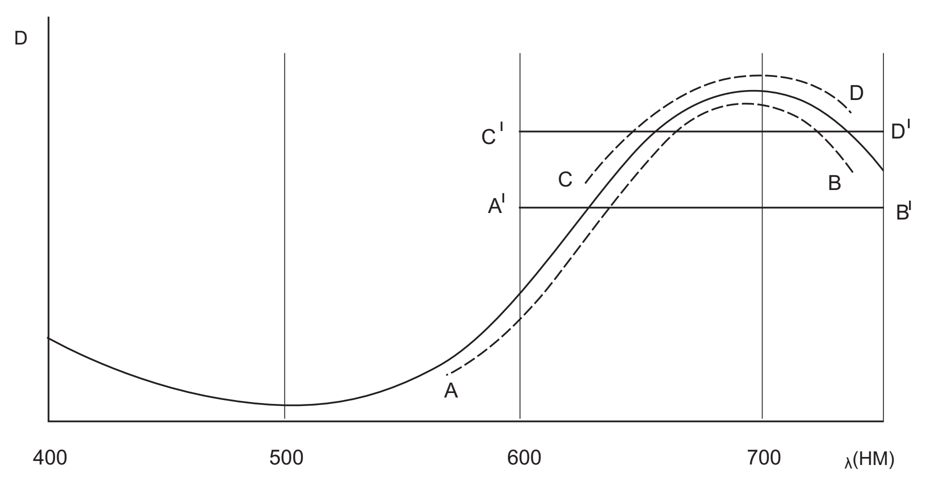


Рис 10. Спектральная характеристика поглощения голубого красителя фотопленок

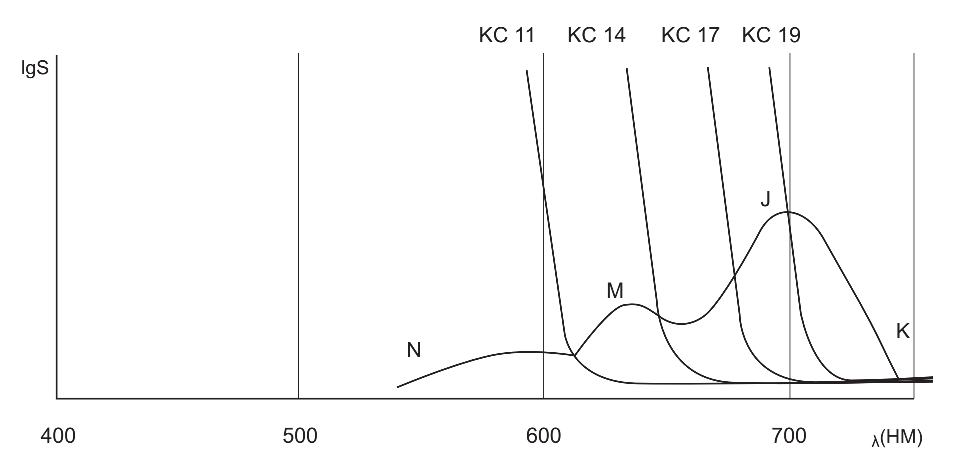


Рис 11. Спектральная чувствительность «красного» слоя фотобумаги и кривая пропускания красных стекол КС14, КС17, КС19 и КС11 (красный фонарь)

ле 640 нм, поэтому ширина зоны спектральной чувствительности красного слоя фотобумаги будет слева урезана фильтром и голубой краситель красночувствительным слоем фотобумаги будет «увиден» в интервале CD, что равносильно уже другой интегральной плотности — C'D'. В аддитивном процессе плотность голубого красителя негатива увеличивается, как увеличивалась плотность оранжевого фильтра от смены светоприемника.

Глаз, рассматривая негатив, видит одну плотность голубого красителя, в субтрактивном процессе голубой краситель имеет другую, большую, плотность, а в аддитивном процессе голубой краситель получается еще более плотным.

Чтобы «выжать» из красителя максимальную плотность, нужно «увидеть» только самую верхушку красителя, около 700 нм. А для этого следует вырезать из спектральной чувствительности нижнего слоя фотобумаги участок как можно ближе к 700 нм.

Правая граница чувствительности фотослоя бумаги (линия JK) падает довольно отвесно. Урезать же спектральную чувствительность с левой стороны можно с помощью красных фильтров.

Если вместо красного фильтра из набора «Спектрозон-1» (стекло КС14), у которого пропускание начинается примерно с 640 нм, установить фильтр из стекла КС15 или лучше всего из стекла КС17 (пропускание начинается после 670 нм), то можно получить большую насыщенность (чистоту) красного цвета. Причем, как видно из рис.11, это не единственный лучший чем идущий в наборе «Спектрозон-1» тип стекла. Вполне применимо красное стекло марки КС18 или КС19. Но светофильтр из стекла КС19, имеющий небольшое преимущество перед КС17, менее удобен для гидрофобных голубых компонент, которые применяются в зарубежных негативных фотопленках, поскольку максимум поглощения такого голубого красителя приходится не на 690-700 нм, а на 680 нм.

Итак, можно заметить, что в аддитивном процессе красный светофильтр урезает слева зону спектральной чувствительности «красного» слоя фотобумаги и тем самым стягивает эту спектральную чувствительность к максимуму поглощения голубого красителя негатива. Это соответственно ведет к увеличению эффективной плотности голубого красителя в красной зоне.

Но отсюда закономерно вытекает вопрос: почему же увеличе-ние плотности голубого красителя негатива в красной зоне ведет к увеличению насыщенности (чистоты) красного цвета?

Проследим на зональной диаграмме (рис.12а) процесс печати голубого негативного красителя на позитив. Плотности голубого красителя в субтрактивном и аддитивном способах печати будут отличаться лишь в красной зоне, а в синей и зеленой — они практически одинаковы, поскольку кривая поглощения красителя в этих зонах (см.рис. 10) идет с очень малым наклоном, и смещение максимума чувствительности синечувствительного или зеленочувствительного слоя фотобумаги чуть левее или чуть правее практически никак не повлияет на эффективную (действительную) плотность голубого красителя в синей или зеленой зонах.

Синие лучи от лампы увеличителя, проходя через голубой краситель, практически не задерживаются и, попав на фотобумагу, вызывают выход желтого красителя. То же самое происходит и с зелеными лучами, провоцирующими в зеленочувствительном слое фотобумаги выход пурпурного красителя (рис.12,б). Эти два красителя образуют в позитиве красный цвет. Однако на фотобумагу также попадает небольшое количество и красных лучей, от которых зависит больший или меньший выход в фотобумаге голубого красителя. Чем меньше пройдет через негатив красных лучей (случай C`D`), тем меньше выйдет на фотобумаге голубого красителя. Тем менее «загрязненным» (более чистым) окажется красный цвет на фотоотпечатке. Эти красители в фотобумаге, естественно, находятся

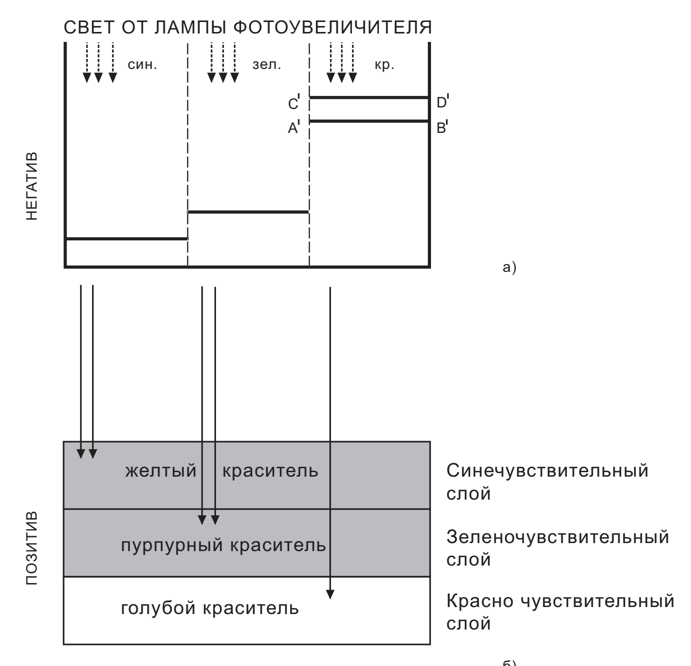


Рис 12. Схематичное изображение процесса печати голубого негативного красителя (а) на цветную фотобумагу (б)

один под другим и дают в результате красный цвет большей или меньшей чистоты (насыщенности).

Попробуем подвести итог.

1. Взяв в качестве примера только красную зону и рассмотрев процесс субтрактивной и аддитивной печати на цветную фотобумагу с одного и того же негатива, можно сделать вывод, что изменение насыщенности цвета с тем, что аддитивный красный фильтр урезает с одной (коротковолновой) стороны зону спектральной чувствительности красночувствительного слоя фотобумаги. Поскольку другая, длинноволновая, граница зоны чувствительности выделяется за счет спектральной сесибилизации, происходит сужение зоны спектральной чувствительности красночувствительного слоя фотобумаги и ее смещение к максимуму поглощения голубого красителя негативной пленки. Это приводит к увеличению эффективной (действительной) плотности голубого красителя негатива в красной зоне по отношению к плотностям в двух других зонах спектра, то есть делает краситель негатива более насыщенным.

2. Красный светофильтр, который сейчас используется в наборе «Спектрозон — 1» не является оптимальным по своим характеристикам. Его желательно заменить на фильтр из стекла КС17 или КС18. За счет того, что такой фильтр отрезает немалую часть спектральной чувствительности красного слоя фотобумаги, общая чувствительность этого красного слоя несколько уменьшается. Это требует при экспонировании увеличения экспозиции за красным фильтром, что при последовательном аддитивном экспонировании не принципиально.

Следует отметить, что этот красный светофильтр из стекла КС17 с пропусканием после 670 нм глазу кажется почти черным (черно-красным), поскольку к длинам волн после 660 нм чувствительность глаза мала. Но не следует забывать, что таким темным он кажется лишь глазу. Для цветной фотобумаги,

максимум чувствительности красного слоя которой приходится на 700 нм, он будет совершенно светлым. Использование такого красного фильтра немного повысит насыщенность красного цвета по срав-нению с тем эффектом, который дает красный фильтр из комплекта промышленно выпускаемых в продажу аддитивных фильтров.

Вывод

Причина повышения насыщенности цвета в аддитивном процессе по отношению к субтрактивному заключается в том, что аддитивный светофильтр сужает зону спектральной чувствительности цветной фотобумаги, приближая ее к максимуму поглощения негативного красителя. Вследствие этого фотобумага воспринимает краситель как имеющий большую плотность в одной из зон. Точнее всего будет сказать, что при переходе от субтрактивного процесса печати к аддитивному меняются плотности негатива.

В аддитивном процессе печати повышение насыщенности цвета происходит потому, что увеличиваются эффективные плотности цветного негатива. Это и есть главная причина. Впрочем, она же и единственная.

И вот теперь не знаю, стоит ли говорить о субтрактивных фильтрах. Ведь субтрактивные фильтры и красители негативной пленки (желтый, пурпурный, голубой) — в принципе, одно и тоже. И если в одном из слоев негативной фотопленки красителя выйдет меньше, чем в других слоях, (из-за меньшей светочувствительности слоя или неправильного экспонирования), то это недостающее количество красителя мы возьмем из коробки светофильтров и механически прибавим к негативу. Поскольку корректирующие фильтры и красители негатива одно и тоже, то почему же должно произойти изменение цветопередачи при добавлении корректирующего светофильтра? Ведь плотность корректирующего фильтра прибавляется совершенно в равной степени ко всем точкам негатива: что к серому полю, что к насыщенному цветному объекту. Так что не следует подкупаться на заманчиво простое «объяснение» — субтрактивные светофильтры были «грязные» — объясняя причину отказа во всем мире от субтрактивного способа печати и перехода к аддитивному.

ПОЧЕМУ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СИНЕГО СЛОЯ МЫ ПРОМЕРЯЕМ ЧЕРЕЗ СИНИЙ ФИЛЬТР

Однажды, после окончания лекции, меня именно так и спросили: «Почему чувствительность синего слоя мы промеряем через синий фильтр?», что в более корректной форме должно было пониматься так: почему светочувствительность синечувствительного слоя негативной кинопленки мы определяем по промерам негатива, сделанным через синий фильтр денситометра?

«Почему не через желтый, ведь это негатив?»

Признаться, меня застали таким вопросом врасплох, и в течение нескольких секунд я пытался строить в уме одна за другой линию ответа. И дело не в том, что была задета честь мундира преподавателя (который в своей области должен знать всё), просто до этого мгновения мне и в голову не приходило, что можно задаться подобным вопросом, — столь очевидным казался ответ. Как если бы врача вдруг спросили: «Почему, когда мы ударяемся головой о фонарный столб, нам очень больно?»

Не важно, что ответ мой в тот раз был не столь изящным. Важно то, что после

этого разговора я тоже задумался над этим вопросом, точнее, стоит ли серьезно воспринимать подобные вопросы.

И пришел к выводу, что применительно к некоторым пленкам этот вопрос, если его сформулировать несколько корректнее, ни в чем не похож на шутку. Вопрос следует задать так: «За каким фильтром следует промерять чувствительность синего слоя цветной негативной кинопленки?» Или, в более корректной форме: «За каким фильтром денситометра следует промерять плотность цветной негативной сенситограммы, для того чтобы построить характеристическую кривую синечувствительного слоя и по ней определить чувствительность этого синечувствительного слоя?»

Ответ очевиден — «за синим фильтром». А за каким фильтром следует промерять чувствительность красного слоя? Ответ тоже очевиден — «за красным».

Ответы очевидны, но лишь до тех пор, пока мы ведем речь о цветных негативных кинопленках типа ЛН или ДС. А если этот вопрос адресовать цветной спектрозональной кинопленке СН-6, которая время от времени используется в кино и которая, как известно, имеет два светочувствительных слоя: красный и инфракрасный? Тогда за каким фильтром денситометра следует про-мерять чувствительность красного слоя (за красным?), а инфракрасного? Может быть, за инфракрасным? Но в комплекте к денситометру «Макбет» (как самому распространенному в нашей стране) такого фильтра нет. Такой фильтр, в принципе, можно отыскать, ведь наша отечественная промышленность выпускает различные инфракрасные стекла, например, ИКС1 (есть еще стекла ИКС2 и ИКС3).

Поставим этот фильтр в «Макбет» (чего только не сделаешь ради эксперемента) и промерим сенситограмму СН-6 через него.

Начнем промер: свет от лампы денситометра проходит через нашу сенситограмму, через инфракрасный фильтр и попадает на светоприемник (фотоэлектронный умножитель) денситометра... который к инфракрасным лучам не чувствителен. Следовательно, на «Макбете» мы ничего не промерим.

Но возьмем другой денситометр — ДФ-1, фонограмный, который используется для промера звуковой дорожки в негативе и позитиве. ДФ-1 имеет вакуумный фотоэлемент с внешним фотоэффектом, Ф-9, чувствительный к инфракрасным лучам и имеет встроенный инфракрасный фильтр. Начнем промер: свет от лампы денситометра проходит через красители нашей сенситограммы, через инфракрасный фильтр, попадает на светоприемник денситометра и прибор показывает..., что сенситограмма совершенно прозрачна. Те красители, которые используются в кинопленках, прозрачны для инфракрасных лучей, эти лучи свободно проходят через кинопленочные красители. Кстати, инфракрасный светофильтр используется как раз для того, чтобы на цветной позитивной кинопленке промерить без учета плотности красителей только плотность остаточного серебра.

А нужен ли он вообще, этот инфрафильтр, чтобы определить светочувствительность пленки СН-6 в инфразоне?

Попробуем разобраться. Однако начнем не с инфракрасного, а все-таки с синего фильтра, точнее, с синечувствительного слоя, для определения светочувствительности которого при денситометрических промерах используют синий фильтр.

Итак, перед нами стоит задача: определить чувствительность синечувствительного слоя цветной негативной кинопленки. По каким признакам мы сможем определить, что чувствительность той или иной пленки или чувствительность того или иного слоя больше или меньше? По количеству красителя, который выходит во время проявления в данном светочувствительном слое. Поскольку нам известно, что в синечувствительном слое образуется желтый краситель, то получить представление о чувствительности слоя мы можем по тому, какое количество желтого красителя вышло. Итак, чтобы найти светочувствительность синечувс-

тви-тельного слоя, мы должны определить количество желтого красителя, вышедшего в этом слое.

Желтый краситель, как видно из приведенного ниже рисунка, имеет такую

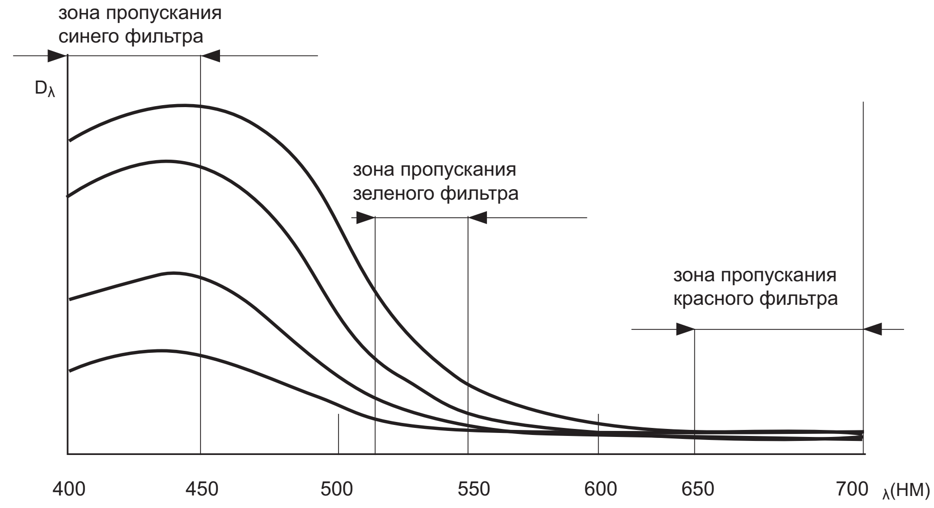


Рис 13. Спектральные кривые поглощения желтого красителя различной концентрации и зоны пропускания светофильтров денситометра: синего, зеленого и красного (статус «М»). За границу зоны фильтра принято 50% пропускания от максимума

спектральную кривую поглощения, что плотность в зеленой и особенно в красной зоне практически не меняется с увеличением концентрации красителя.

Определить, много или мало вышло желтого красителя в слое, можно лишь единственным способом: промерив плотность этого красителя в синей зоне (то есть через синий фильтр).

Итак, чтобы определить светочувствительность слоя, мы должны измерить



его ответ, который выражается в виде выхода красителя.

Получается следующий ряд преобразований:

Вернемся к инфракрасному слою кинопленки СН-6. Составить представление о светочувствительности этого слоя, мы можем лишь по его ответу на поглощенный свет. Поскольку на воздействие инфракрасных лучей этот слой отвечает выходом голубого красителя (строение пленки таково, что в верхнем, инфракрасном, слое образуется голубой краситель, а в нижнем, красночувствительном, слое — пурпурный), то для того, чтобы определить светочувствительность инфракрасного слоя, мы должны измерить концентрацию (или проще — плотность) вышедшего голубого красителя. Логичнее всего это сделать за красным фильтром денситометра, поскольку максимум поглощения голубого красителя приходится как раз на красную зону. Соответственно пурпурный краситель, который выходит в крас-

ночувствительном слое, необходимо будет промерить за зеленым фильтром.

Итак, чтобы построить характеристические кривые двухслойной цветной негативной кинопленки СН-6, необходимо проявленную сенситограмму промерить за зеленым фильтром денситометра (и по построенной кривой найти светочувствительность «красного» слоя) и промерить сенситограмму за красным фильтром (и по построенной характеристической кривой найти светочувствительность инфракрасного слоя).

Поскольку чувствительность определяется как величина, обратно пропорциональная количеству света для получения заданного ответа, то, чтобы числено определить светочувствительность, необходимо решить вопрос: какое количество света (какая экспозиция) необходимо для получения на пленке заданного ответа. Как известно, по стандартам ISO ответ цветной негативной пленки задается в виде прироста плотности 0,2 над вуалью. Поэтому для расчета числа светочувствительности нужно определить количество света, которое обеспечивает выход красителя плотностью 0,2 над уровнем вуали.

О МАСКИРОВАНИИ ПУРПУРНОГО КРАСИТЕЛЯ

Секрет маскирования мне объяснил Сухотин Аркадий (сотрудник института ГосНИИХимФотоПроект), затратив на это не более трех минут. Когда, даже не взяв еще листа бумаги и не начертив ни одной кривой, он произнес всего лишь первую фразу, я понял, что мои представления о сути маскирования не только не точны, но весьма далеки от действительности.

Потом я много раз возвращался к одной мысли: почему, прочитав не одну книгу по фотографии, я оказался в плену ложных представлений. Но со временем я убедился, что эти представления были посеяны именно прочитанной литературой. Популярной литературой по фотографии. Теперь я знаю, что примеры, которые встречаются в популярных книгах по фотографии, никак не проливают свет на принцип маскирования.

Мне запало во время того разговора одно слово, которое с маскированием никак не ассоциировалось. Но без него, без этого слова, весь разговор о маскировании становился беспредметным. Слово было: «разрушается». Сказано было всего одно предложение: «принцип маскирования сводится к тому, что маскирующая компонента разрушается...», и я понял, как далеко от истины блуждал.

Это уже потом я прочел у Т.Джеймса в «Теории фотографического процесса»: «Цветообразующая (маскирующая — Л.К.) компонента разрушается по мере формирования красителя[5]» .

Но в тот раз это было для меня открытием, в котором я не хотел признаться вслух.

С того разговора прошло довольно много времени. Обдумывая, как изложить бы суть маскирования, я подыскал из повседневной жизни аналогию, которая, как мне кажется, неплохо иллюстрирует принцип маскирования.

Возьмем вначале немаскированный пурпурный краситель. Он сильнее всего поглощает зеленые лучи спектра, поэтому на графике спектрального поглощения (а красители, как правило, рисуются в поглощении) будет иметь в зеленой зоне максимальную плотность. При плотности в единицу за зеленым фильтром денси-

5 Джеймс Т. Теория фотографического процесса. Пер. с анг. 2-е русское издание. -Л. «Химия», 1980, с.552

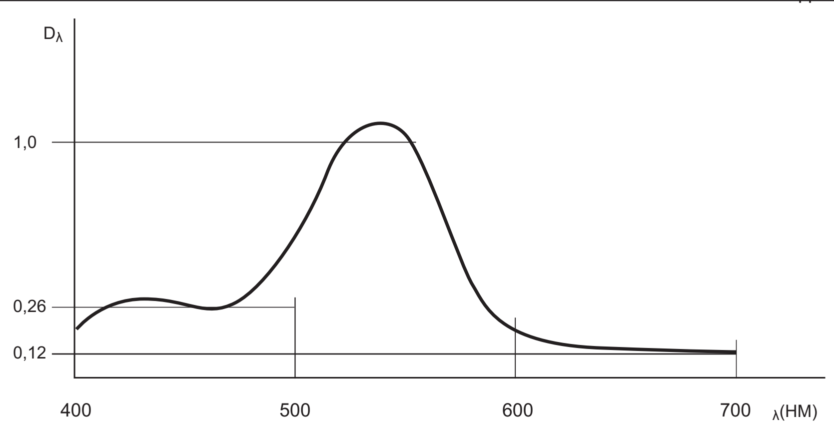


Рис 14. Кривая спектрального поглощения пурпурного красителя

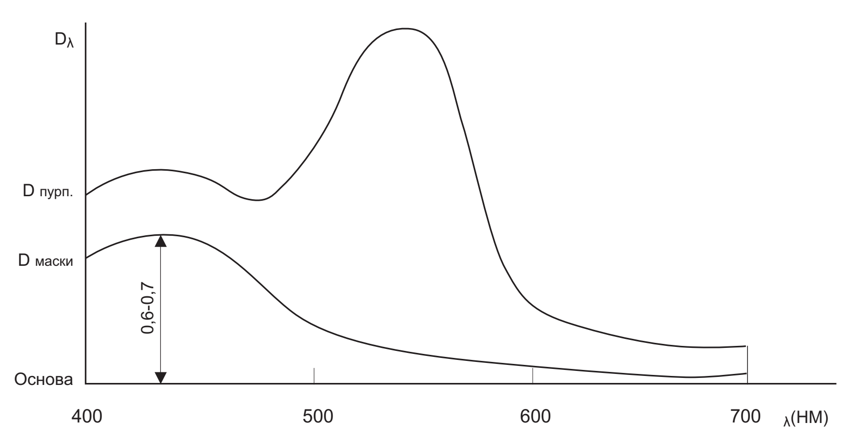


Рис 15. Кривые спектрального поглощения пурпурного красителя и желтой маскирующей компоненты

тометра (статус «М») Dзел = 1,0 значение плотности в синей зоне равно Dсин = 0,26, а в красной зоне — Dкр = 0,12 (рис.14).

Прибавляемая к красителю желтая маскирующая компонента сильнее всего поглощает лучи синей зоны. И на графике спектрального поглощения она будет находиться в левой части. Рисунок 15 показывает, какой вид имеет пурпурный краситель вместе с желтой маскирующей компонентой. Правда, следует признать, что такой вид получается лишь в том случае, если маскирующая компонента «не работает».

Чтобы понять, как она работает, представьте, что части пурпурного красителя в синей и красной зонах — это слегка разведенные в стороны руки человека, стоящего лицом к Вам, а маскирующая компонента — горка снега под одной рукой. Когда ладонь давит на снег, тот постепенно тает, разрушается, и часть руки вслед за растаявшим снегом уходит вниз. Если снег достаточно податлив, то наверняка наступит такой момент, когда вся ладонь уйдет под снег.

Рука не стала короче, но относительно уровня лежащего вокруг снега часть ее пропала.

Точно также работает в паре с пурпурным красителем желтая маскирующая компонента. По мере образования пурпурного красителя маскирующая компонента

под ним начинает разрушаться. Чем больше образовывается в данном месте пурпурного красителя, тем сильнее разрушается под ним маскирующая компонента.

Поскольку маскирующая компонента желтого цвета, то ее разрушение идет в синей зоне спектра, и соответственно в синей зоне происходит погружение в освободившееся пространство пурпурного красителя. Если промерить плотности пурпурного красителя после маскирования над уровнем вуали и маски, находящейся вокруг, то окажется, что плотность красителя в синей зоне уменьшилась с 0,26 до 0,05 (промеры над вуалью и маской за статусом «М» денситометра). Краситель стал близким к идеальному. Но не следует думать, что он изменился. Каким краситель был, таким остался. Просто часть его ушла под уровень «масочной вуали» (см. рис.16), подобно тому, как рука ушла под уровень снега. На

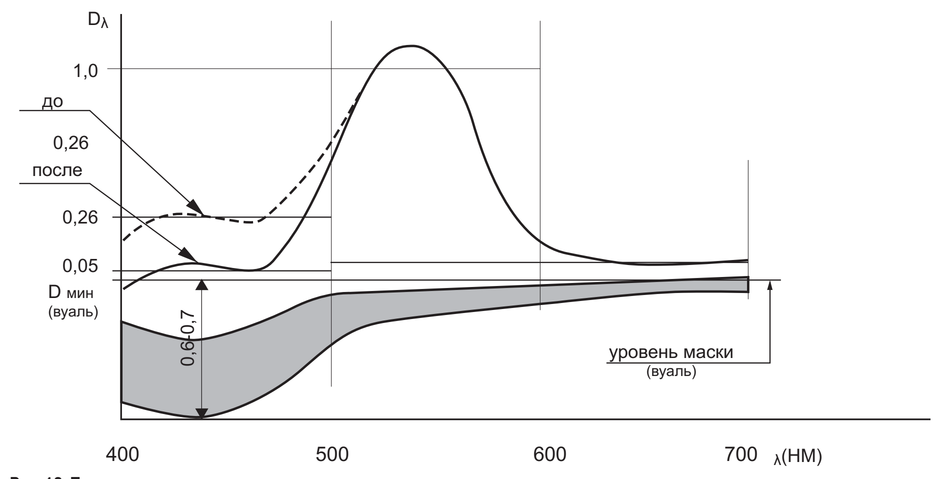


Рис. 16. Принцип маскирования пурпурного красителя

этом рисунке за точку отсчета принят уровень вуали, он изображен в виде горизонтальной линии.

Для оценки степени маскирования мы брали такую концентрацию пурпурного красителя, которая в максимуме поглощения (за зеленым фильтром статуса «М») создавала в негативе плотность 1,00. Под таким количеством пурпурного красителя происходит активное разрушение желтой маски. Плотность в синей зоне у красителя заметно падает. Но если рассмотреть участок с меньшим количеством пурпурного красителя, то даже визуально можно заметить, что под малыми плотностями разрушение маски незначительно. Например, для плотности пурпурного

Таблица 4. Зональные плотности пурпурного красителя после маскирования

	Dсин	Dзел	Dкр
до маскирования	0,09	0,40	0,07
после маскирования	0,07	0,40	0,07

красителя 0.40 в зеленой зоне (промер за статусом «М») плотности в синей зоне изменятся с 0,09 до 0,07 (см. табл.4).

Насколько изменяется после маскирования плотность по синей зоне у пурпурного красителя при разных его концентрациях можно видеть из табл. 5.

Определить степень маскирования пурпурного красителя в кинопленке весьма просто. Для этого нужно сделать «выкопировку» — проэкспонировать в сен-

ситометре негативную пленку через узкозональный зеленый фильтр, например, такой, какой используется в аддитивных кинокопировальных аппаратах. Поскольку будет проэкспонирован только зеленочувствительный слой, в негативе выйдет один пурпурный краситель. И дальше — дело элементарной техники. Каждое пурпурное поле сенситограммы промеряется «над масочной вуалью» за тремя

Таблица 5. Зональные плотности пурпурного красителя негативной кино-пленки до и после маскирования

пурпурный краситель до маскирования				пурпурный краситель после маскирования		
Dсин	Dзел	Dкр		Dсин	Dзел	Dкр
0,29	1,10	0,18		0,04	1,10	0,16
0,26	1,00	0,16		0,05	1,00	0,14
0,23	0,90	0,14		0,06	0,90	0,12
0,20	0,80	0,12		0,07	0,80	0,11
0,16	0,70	0,11		0,08	0,70	0,11
0,14	0,60	0,10		0,08	0,60	0,10
0,11	0,50	0,08		0,07	0,50	0,08
0,09	0,40	0,07		0,07	0,40	0,07
0,07	0,30	0,06		0,05	0,30	0,06
0,05	0,20	0,04		0,04	0,20	0,04
0,03	0,10	0,02		0,03	0,10	0,02

фильтрами денситометра. Именно так были получены данные, приведенные в таблице 5.

Следует добавить, что в области очень высоких экспозиций (первые поля сенситограммы) будет наблюдаться еще и выход голубого красителя, поскольку при больших экспозициях экспонируется еще и нижний, красночувствительный слой — его спектральная чувствительность немного заходит в зеленую часть спектра. Экспонирование красночувствительного слоя происходит из-за неселективности (широкополосности) зеленого светофильтра, рекомендованного для выкопировок. То обстоятельство, что пурпурный краситель на первых полях выкопировки выглядит синеватым, к качеству пурпурного красителя не имеет никакого отношения, а лишь свидетельствует о том, что при больших экспозициях экспонируется еще и соседний слой. Однако экспозиции такого порядка не имеют значения для практических съемок, поскольку максимальная пропечатываемая плотность негатива находится на уровне 1,10 — 1,20. Речь идет о печати на среднем номере света кинокопировального аппарата. Исходя из этих соображений значения плотности выше 1,10 в таблице не приведены.

Можно отметить, что активный процесс маскирования начинается с плотности Dзел примерно 0,50 (над вуалью). Это же подтверждают и используемые в НИКФИ графики соотношения Dвредное/Dполезное, где по горизонтальной оси откладывается плотность пурпурного красителя в зеленой зоне (Dпол), а по вертикальной оси — плотности в синей и красной зонах (Dвр). - Рис.17.

Плотность в синей зоне после маскирования вначале плавно нарастает, а затем, где-то с середины, начинает уходить вниз (рис.17,б). Из этого можно сделать вывод, что скорость роста плотностей пурпурного красителя в синей зоне и скорость разрушения маскирующей компоненты не равны. Маскирующая ком-

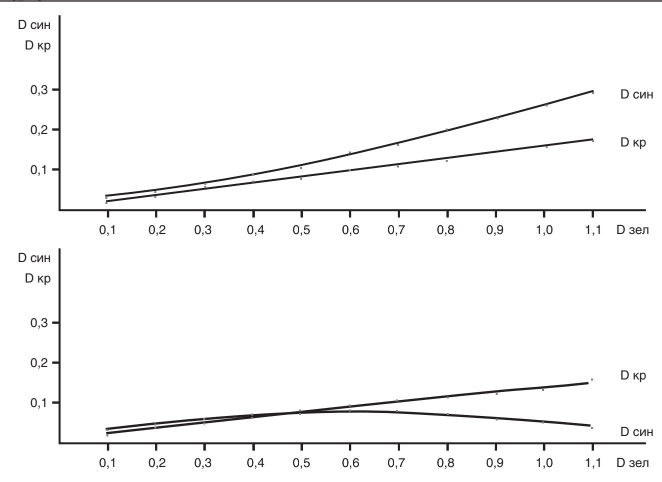


Рис. 17. Соотношение зональных плотностей в немаскированном (вверху) и маскированном (внизу) пурпурном красителе

понента вначале несколько «запаздывает», слабо реагирует на увеличение концентрации пурпурного красителя, а затем быстро начинает распадаться. Иногда это трактуют так: при малых плотностях наблюдается недомаскирование, а при высоких плотностях (слово, конечно, сильное) — перемаскирование. Нормой маскирования должен считаться такой случай, когда «вредная» плотность в синей зоне уменьшится до нуля. У нас же этого пока не наблюдается, как, впрочем, не наблюдается этого и у пленок «Кодак». (См. таблицу 6.) Так что говорить о каком-то перемаскировании просто преждевременно.

Оценка цветопередачи во всем мире производится по насыщенным цветам (например, графики цветового охвата, приводимые во всех проспектах цветных кинопленок). В нормально экспонированном негативе насыщенные цвета имеют вполне определенные плотности. Так, например, при рекомендуемой плотности

Таблица 6. Зональные плотности пурпурного красителя после маскирования в пленке ЛН-9 и Кодак-5248

в пленке ЛН-9				в пленке Кодак 5248		
син.	зел.	кр.		син.	зел.	кр
				0,10	1,10	0,13
0,05	1,00	0,14		0,07	1,00	0,09
				0,06	0,90	0,08
				0,05	0,80	0,06
0,08	0,70	0,11		0,05	0,70	0,05
				0,04	0,60	0,04
				0,04	0,50	0,03
				0,04	0,40	0,02
				0,04	0,30	0,02
				0,03	0,20	0,02
				0,02	0,10	0,01
				0,02	0,10	0,01

18%-ного серого поля в цветном негативе 0,6 - 0,6 - 0,6 над вуалью (под «вуалью» в большинстве случаев подразумевается суммарная плотность основы, маски и собственно вуали эмульсии) насыщенная зеленая выкраска в негативе передается такой концентрацией красителей, что плотность, промеренная за зеленым фильтром денситометра, оказывается в районе 0,7 - 0,8 над минимальной плотностью.

Плотности выше 1,10 (над минимальной плотностью) в нормально экспонированном негативе уже не пропечатываются (это переэкспонированные, высветленные участки). Поэтому в подавляющем большинстве случаев оценку степени маскирования пурпурного красителя в кинопленке можно свести к степени маскирования одной вполне определенной концентрации (плотности) красителя. Для практических съемок необходимо оценить степень маскирования пурпурного красителя в районе плотности 0,7 - 0,8. Чем меньше при этом значения плотностей в синей и красной зонах при максимуме 0,7 - 0,8 в зеленой зоне, тем более «чистым» является краситель, тем теоретически лучше его характеристики для цветопередачи насыщенных зеленых тонов. Учитывая же возможность съемки на более плотном негативе (этот случай типичен для фотографии), можно взять интервал плотностей от 0,70 до 1,00 по зеленому слою.

Сравнивая между собой соотношения вредных и полезных плотностей маскированного пурпурного красителя у «свемовских» и зарубежных кинопленок, можно сделать вполне закономерный вывод, что особой разницы в степени маскирования нет. Так что, говоря о причинах различия цветопередачи объектов на пленке ЛН-9 и на Кодак-5248, не следует ссылаться на недостатки маскирования. Маскирование никакой разницы не создает.

О МАСКИРОВАНИИ ГОЛУБОГО КРАСИТЕЛЯ

Маскирующие компоненты вводятся вместе с красителем в слой для того, чтобы уменьшить «вредные» плотности красителя. Если речь идет о голубом красителе, то «вредными» являются плотности в синей и зеленой зонах спектра. Чтобы их отмаскировать, в нижний слой негативной кинопленки вводится либо оранжевая маскирующая компонента (нижний слой ЛН-9 и ДС-5м), либо маскирующая компонента розового цвета (нижний слой зарубежных кинофотопленок).

Полезными являются плотности голубого красителя в красной зоне. При полезной плотности в единицу (Dкр = 1,0 за статусом «М») голубой краситель «советских» негативных кинопленок имеет следующие «вредные» плотности: 0,11 в синей зоне и 0,13 в зеленой зоне (см. табл. 7). Краситель, который используется в пленках «Кодак», имеет несколько другие вредные плотности - 0.09 в синей зоне и 0,20 в зеленой (относительно той же плотности в красной зоне 1,00). Рис.18. Голубой краситель в пленках «Кодак» пропускает больше синих лучей и меньше зеленых, поэтому он синее, чем голубой краситель в ЛН-9 или ДС-5м, который выглядит бирюзовым. Вредные поглощения отечественного красителя в зеленой

Таблица 7. Зональные плотности голубых немаскированных красителей

Dсин.	Dзел.	Dкр.	
0,11	0,13	1,00	Голубой краситель ЛН-9 и ДС-5м
0,09	0,20	1,00	Голубой краситель пл. Кодак 5248

зоне заметно меньше, поэтому он является более «чистым». У голубого кодаковского красителя вредные поглощения в зеленой зоне значительно выше; чтобы свести их к минимуму, для красителя требуется определеннное количество маскирующей компоненты.

В любой книге по цветной фотографии вы прочтете, что маскирование применяется для коррекции цветового тона.

Действительно, если отпечатать немаскированный голубой краситель пленки «Кодак» на цветной позитив, вместо красного цвета получится красно-оранжевый. Синие лучи проходят легче через голубой краситель чем зеленые, поэтому количество вышедшего в позитиве под действием этих синих лучей желтого красителя будет несколько больше количества пурпурного краси-теля, выход которо-

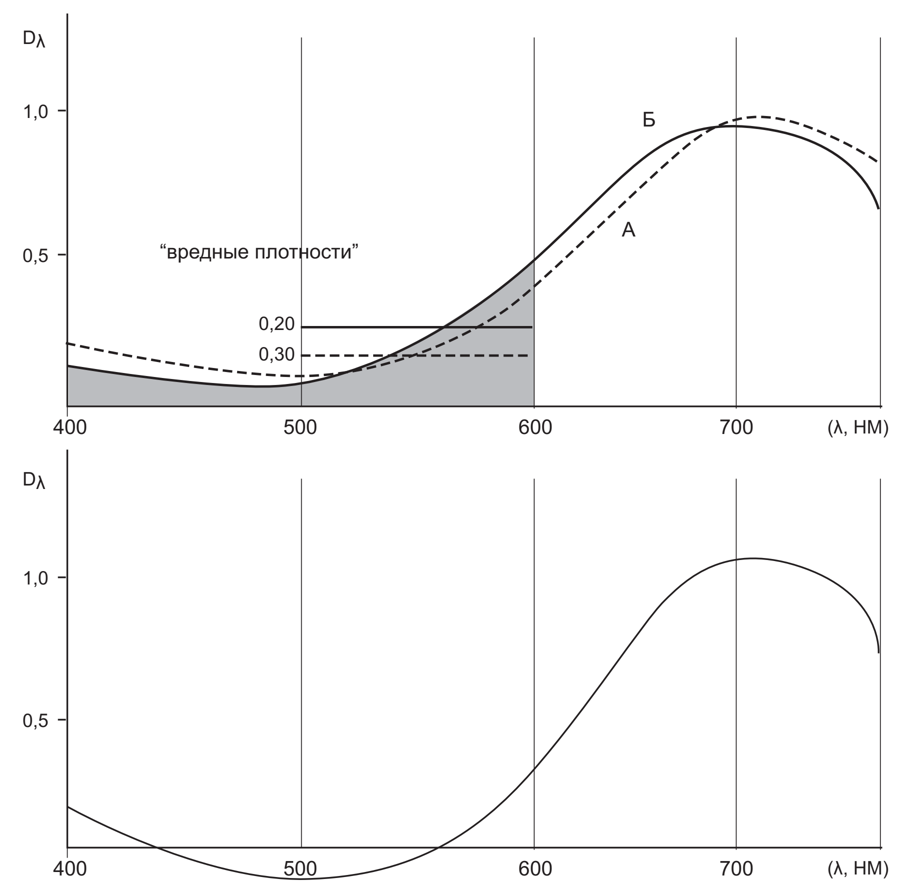


Рис. 18. Соотношение зональных плотностей в немаскированном (вверху, а-советские кинопленки, б-кодак кинопленки) и маскированном (внизу) голубом красителе

го вызывают зеленые лучи (см. рис.19). И красный цвет из-за этого приобретет оранжевый оттенок.

Для правильной передачи красного тона плотность голубого красителя в зеленой зоне не должна превышать плотность в синей зоне. Только сделав плотности в синей и зеленой зонах равными, можно добиться правильной передачи

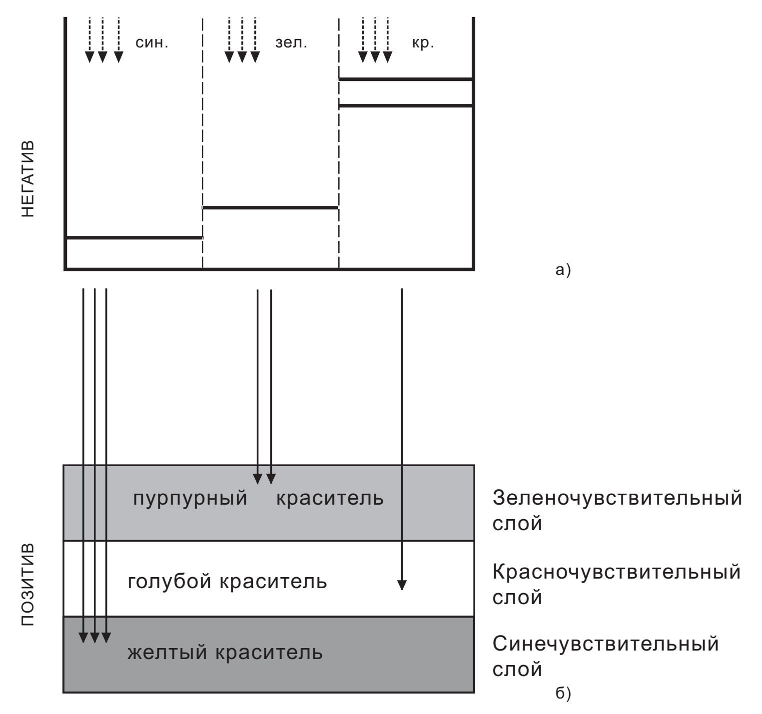


Рис. 19. Печать голубого красителя на цветной позитив:
вверху — схематичное изображение голубого немаскированного красителя в негативе;
внизу — основные слои позитивной кинопленки

цветового тона. И вот чтобы уравнять «вредные» плотности, голубой краситель маскируется розовой компонентой.

Поскольку сама маскирующая компонента розового цвета, то при ее разрушении, как видно из кривой спектрального поглощения на рис. 20, будет происходить уменьшение плотности преимущественно в зеленой зоне. Поэтому в результате маскирования уменьшится сильнее всего плотность голубого красителя в зеленой зоне и менее заметно — в синей зоне. Маскирующая компонента подобрана к красителю таким образом, чтобы в результате маскирования вредные плотности

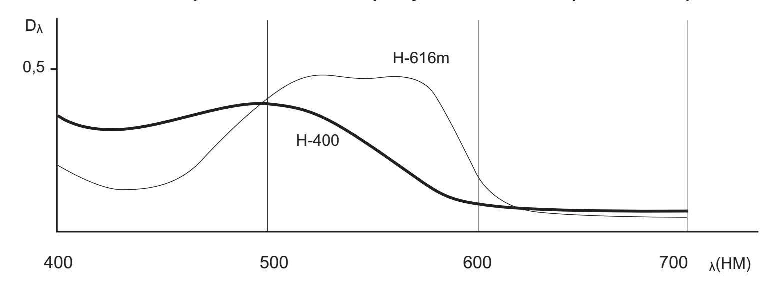


Рис 20. Спектральное поглощение оранжевой (Н-400) и розовой (Н-616м) маскирующих компонент

в синей и зеленой зонах уменьшились бы до одного и того же значения. Эти значение на практике оказываются близкими к нулю.



Если на пленке «Кодак» сделать выкопировку через красный светофильтр (то есть через красный фильтр напечатать сенситограмму), то вышедший в нижнем

Таблица 7. Зональные плотности голубого маскированного красителя

Dсин	Dзел	Dкр	
0,02	0,00	1,00	Голубой краситель пл. Кодак 5248 после маскирования

Таблица 8. Степень маскирования голубого красителя негативной кинопленки Кодак 5248, определенная методом выкопировок

Dсин.	Dзел.	Dкр.
0,02	0,00	1,10
0,02	0,00	1,00
0,02	- 0,01	0,90
0,02	- 0,02	0,80
0,01	- 0,03	0,70
0,01	- 0,03	0,60
0,00	- 0,03	0,50
0,00	- 0,02	0,40
0,00	- 0,02	0,30
0,00	- 0,01	0,20
0,00	0,00	0,10

слое негативной кинопленки под действием красных лучей голубой краситель, будет иметь над вуалью (причисляя к вуали и маску) следующие плотности (рис. 18,б).

Можно сказать, что краситель по своим характеристикам приближается к идеальному. Любые концентрации голубого красителя отмаскированы таким образом, что плотность в зеленой зоне никогда не превышает плотность в синей (табл.8).

В пленках «Кодак» негативный голубой краситель отмаскирован наилучшим образом, чего, к сожалению, нельзя сказать об отечественных пленках. Оранжевая маскирующая компонента, которая используется в нижнем слое кинопленки ЛН-9, имея максимум поглощения в синей зоне (рис. 20), сильнее всего должна маскировать краситель именно в этой, синей, зоне, и в меньшей степени - в зеленой. Так оно и происходит. И чем большее количество маскирующей компоненты

Таблица 9. Степень маскирования голубого красителя кинопленки ЛН-9 в однослойных образцах и в готовой многослойной пленке

Количество маскирующей 5%-ной компоненты Н-400 на 1 кг эмульсии	Денситометрические плотности голубого красителя при Dкр = 1,00			Разница в плотностяхмежду Dзел и Dсин
	Dсин	Dзел	Dкр	
Нет	0,11	0,13	1,00	0,02
60 мл	0,05	0,09	1,00	0,04
120 мл	0,02	0,07	1,00	0,05
180 мл	- 0,04	0,03	1,00	0,07
в готовой пленке методом выкопировок	- 0,03	0,08	1,00	0,11

вводится в эмульсию, тем сильнее проявляется прежде всего в синей зоне эффект маскирования (табл.9).

Объяснить, почему в рецептуре пленок ЛН выбор количества маскирующей компоненты сделан в районе 80 мл, совершенно не представляется возможным. С позиции точности передачи цветового тона оранжевая маскирующая компонента только ухудшает голубой краситель, потому что вместо сближения плотностей Dзел и Dсин наблюдается отход в нежелательную сторону — плотность в зеленой зоне превышает плотность в синей. И если немаскированный голубой краситель имеет разницу между Dзел и Dсин всего 0,02, то на выкопировке эта разница достигает в готовой плёнке 0,11. Мы возвращаемся к тому, от чего так упорно пытаемся убежать, но более худшему по показателям.

«Ясно, что комбинирующая (маскирующая — Л.К.) компонен-та, принятая в нижнем слое цветной пленки, не вполне удовлетворяет по своей колористической характеристике, она имеет оранжевый цвет.

Для того, чтобы устранить искажение, которое возникает в зеленой области спектра и в синей, нужна компонента, которая по своему внешнему виду будет розоватой. Это очень сложная вещь — синтезировать, даже изыскать подобную компоненту. В настоящее время как будто бы эти изыскания увенчались успехом, мы сделали первые 350 граммов этой компоненты, и всем известный А.Н.Иорданский, уже немолодой человек, счел нужным приехать на это совещание, чтобы выслушать мнение товарищей, хотя скоро должен уехать в Шостку испытывать эту компоненту. Мы считаем наиболее целесообразным дать испытать это творческому коллективу «Мосфильма». Мы готовы выслушать любые советы. Мне представляется, что такой путь будет правильным. Мы надеемся, что к концу года в результате такой систематической работы сможем установить оптимальную компоненту.

... Вот та работа, которую мы ведем в области негативной пленки. Думаю, что к концу года мы это сделаем. Конечно, мы не сразу перейдем на весь выпуск ЛН-5 с новым маскированием, мы сделаем очередную партию, потом, когда это опробуют, перейдем на новую пленку»[6].

В принципе, наш голубой краситель можно и не маскировать. Во всяком случае, его маскирование в ЛН-9 не дает никакого преимущества перед немаскированной пленкой ДС-4. Красный цвет на ЛН-9 получается красно-оранжевым.

Еще более загадочным представляется выбор оранжевой маскирующей компоненты 152-м для нижнего слоя кинопленки ДС-5м. Не видно не только скольнибудь заметного эффекта маскирования (уменьшения вредных плотностей), не видно самой маскирующей компоненты. Суммарный цвет маски на обработанной ДС-5м практически чисто желтый, что свойственно одной желтой маскирующей компоненте 187-м среднего слоя. Оранжевая маскирующая компонента нижнего слоя 152-м никак не дает себя знать, ее просто не видно, настолько она слаба по цвету. Эффект маскирования чисто психологический. Можно считать, что голубой краситель в ДС-5м не маскирован вообще, а маскирующая компонента идет легким балластом.

Я не знаю, чем вызвано использование именно такой компоненты и в таком количестве, могу лишь строить предположения. Но думаю, что разработчики пленок не будут таить зла на меня, если эти предположения, высказанные в статье «Как балансируются негативные пленки на «ЛН» и «ДС» с точки зрения технолога» окажутся верными.

6 Из выступления С.А.Бонгарда 11 мая 1965 года на творческой дискуссии о цвете, организованной бюро секции кинооператоров «Мосфильма».

«НЕ РУБИТЕ С ПЛЕЧА» (О НЕДОМАСКИРОВАНИИ)

Предметом анализа данной статьи будет всего одно предложение, довольно расхожая фраза:«При недомаскировании голубого красителя красные цвета становятся оранжевыми, а при перемаскировании — пурпурными». И даже не все предложение, а лишь первая его половина.

Чтобы убедиться в достоверности того, что красные цвета при недомаскировании голубого красителя негативного кинофотоматериала становятся оранжевыми, возьмем цветную немаскированную фотопленку ДС-4 (совсем недавно ее еще можно было купить в магазине фототоваров); сфотографируем красное поле и после обработки оценим плотности этого поля в негативе.

Известно, что объект насыщенного красного цвета, отражая свет преимущественно в красной зоне (коэффициент отражения может доходить до 80%), в синей и зеленой зонах имеет небольшие, порядка 4-6%, коэффициенты отражения. И, что самое главное, эти зональные коэффициенты одинаковы (рис. 21,а). Если же у объекта коэффициент отражения в зеленой зоне оказывается выше, чем в синей, то это будет уже не красный, а оранжевый цвет (см. рис. 21,б). Если коэффициент отражения в синей зоне больше, а в зеленой меньше, то такой объект воспринимается пурпурным (см. рис. 21.в).

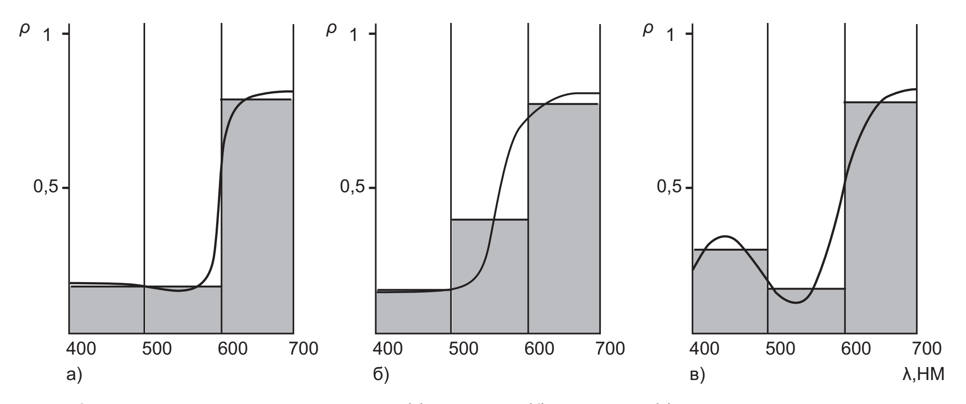


Рис 21. Спектральные кривые отражения красного (а), оранжевого (б) и пурпурного (в) полей в трехзональной диаграмме

Об отклонении цветового тона от красного свидетельствует разница коэффициентов отражения в синей и зеленой зонах

При съемке красного объекта сильнее всего экспонируется красночувствительный слой, менее всего — сине- и зеленочувствительный слои. Следовательно, после проявления наибольшая плотность окажется в «красном» слое и небольшие, но равные плотности должны быть в «синем» и «зеленом» слоях.

И оценка точности передачи цветной негативной пленкой красного цвета сводится, таким образом, к довольно простой операции — к сравнению в отснятом изображении объекта плотности, возникшей в синечувствительном слое и плотности того же объекта в зеленочувствительном слое. О плотности в красной зоне можно и не упоминать, поскольку изменение плотности в красночувствительном слое свидетельствует лишь о большей или меньшей насыщенности цвета, но никак не о цветовом тоне. Итак, когда измеренные на денситометре плотности отснятого красного объекта по синей и зеленой зонам в негативе равны, негатив-

ный материал правильно воспроизводит красный тон.

Единственное обстоятельство, осложняющее задачу сравнения — заведомо разная светочувствительность слоев негативного кинофотоматериала. Разбаланс по светочувствительности в той или иной степени присущ всем цветным кинофотоматериалам, и поэтому равные экспозиции по слоям из-за разной светочувствительности слоев дадут количественно неравный выход красителей. Например, если светочувствительность «синего» слоя негативной пленки будет выше, то и плотность в негативе всех объектов в синей зоне также будет выше по сравнению с неразбалансированным по светочувствительности кинофотоматериалом. И это затруднит объективное сравнение плотностей в синей и зеленой зонах.

С помощью набора корректирующих светофильтров (желтых, пурпурных и голубых), поставленных перед объективом, можно было бы снизить чувствительность одного или двух «вырвавшихся» по светочувствительности слоев. И если не с первой, то со второй или третьей попытки непременно удастся подогнать все три слоя до одного значения светочувствительности.

Однако такой подход с методологической не совсем корректен. Дело в том, что в подавляющем числе случаев фотографы и кинооператоры не занимаются во время съемки точной («ювелирной») подгонкой слоев негатива по светочувствительности; возникающие из-за разной светочувствительности слоев отклонения в плотностях корректируются при печати.

Также и мы — не будем рассчитывать на то, что могло бы получиться в негативе, если бы все три слоя цветного негативного кинофотоматериала были бы равны по чувствительности, а судить о цветопередаче будем на момент коррекции при печати.

О том, что коррекция выполнена правильно, кинооператор обычно судит по серой шкале. В позитиве серые поля шкалы должны быть серыми, независимо от того, какие плотности серой шкалы получились в негативе.

Если у негативной пленки завышена чувствительность синечувствительного слоя, то плотность серой шкалы в синей зоне (рис. 22,а, точка a) будет заведомо выше плотности в зеленой и красной зонах (рис. 22,а, точки b и c). При этом плотность красного поля в синей зоне (см. рис. 22,а, точка d) будет выше, чем плотность красного поля в зеленой зоне (см. рис. 22,а, точка e). Для того, чтобы довести серое поле в негативе до серого, т.е. до равных плотностей по трем зонам, необходимы корректирующие светофильтры. Тогда серое поле и в позитиве получится серым.

Корректирующие светофильтры добавляют недостающую плотность в зеленой и красной зонах. Поскольку при печати плотность корректирующего светофильтра накладывается на весь негатив, мы имеем полное право добавленную плотность, рассчитанную для серого поля, перенести на плотность красного объекта. И тогда после коррекции соотношение серого и красного полей в негативе будет таким, как показано на рис. 22,б. Таким способом можно окончательно определить, каким тоном красное поле передается в негативе.

Для сравнения цветовых тонов красного поля цветной шкалы Agfa относительно 18%-ного серого на разных кинофотоматериалах были выбраны маскированные кинопленки ЛН-9, ЛН-8, ЛН-7, ДС-5м и немаскированная фотопленка - ДС-4.

Например, при испытании полива кинопленки ЛН-9 с опытной компонентой (змульсия 1313/ ось 2142) были получены результаты, приведенные в табл. 10.

И практически те же самые значения (та же самая степень отличия красного поля от серого) получаются при испытании других осей кинопленки ЛН-9. Особенно наглядно это заметно тогда, когда сравнивается не абсолютная разница по зонам, а относительная, между зонами. Поскольку в первую очередь нас интересует разница плотностей между синей и зеленой зоной, то это значение вынесено в отдельную колонку (табл. 11).



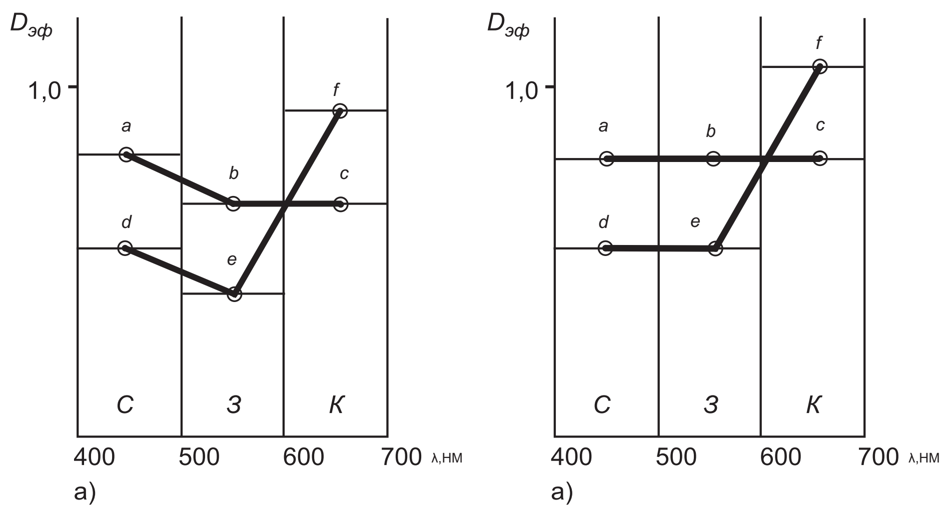


Рис 22. Зональные плотности серого (a-b-c) и красного (d-e-f) полей в негативе: а) - до коррекции, б) - после коррекции

Таблица 10. Результаты измерения плотностей двух полей цветной шкалы на негативной кинопленке ЛН-9 (эмульсия 1313/ось 2142) без учета плотности маски и вуали

Зональные плотности	Значения зональных плотностей для поля, Б		∆ D,Б
	красное	серое	
Dсин	0,28	0,56	- 0,28
Dзел	0,48	0,51	- 0,03
Dкр	0,85	0,54	+0,31

Таблица 11. Разница плотностей двух полей (красного и серого) цветной шкалы на негативной пленке ЛН-9 для различных эмульсий и осей без учета плотности маски и вуали

Эмульсия/ ось	Разность плотностей по зонам между красным и серым полем, Б		Разность плотностей между зонами, Б	
	∆Dсин	∆ Dзел	∆Dкр	∆Dзел — ∆Dсин
1310/23399	- 0,30	- 0,08	0,29	0,22
1310/23215	- 0,30	- 0,08	0,27	0,22
1310/23609	- 0,35	- 0,09	0,33	0,26
1312/26391	- 0,33	- 0,09	0,29	0,24
1313/533	- 0,35	- 0,13	0,25	0,24
1313/2142	- 0,28	- 0,03	0,31	0,25
1313/3658	- 0,37	- 0,15	0,32	0,22

Как показывают статистические данные (часть их представлена в табл. 11), степень отличия красного поля от серого столь типична и повторяема для данного типа пленки, что, говоря о цветопередаче, можно не указывать конкретно партию (эмульсию) и номер оси, достаточно лишь упомянуть название пленки.

Поскольку на негативной кинопленке ЛН-9 мы видим такое соотношение плот-

Таблица 12. Результаты измерения плотностей двух полей цветной шкалы на негативной кинопленке ЛН-8 (без учета плотности маски и вуали)

Зональные плотности	Значения зональных плотностей для поля, Б		ΔD,Б
	красное	серое	
Dсин	0,21	0,62	- 0,41
Dзел	0,30	0,36	- 0,06
Dкр	0,87	0,49	+0,38

Таблица 13. Результаты измерения плотностей двух полей цветной шкалы на негативной кинопленке ЛН-7 (без учета плотности маски и вуали)

Зональные плотности	Значения зональных плотностей для поля, Б		ΔD,Б
	красное	серое	
Dсин	0,15	0,53	- 0,38
Dзел	0,25	0,40	- 0,15
Dкр	0,88	0,63	+0,25

Таблица 14. Результаты измерения плотностей двух полей цветной шкалы на негативной кинопленке ДС-5м (без учета плотности маски и вуали)

Зональные плотности	Значения зональных плотностей для поля, Б		ΔD,Б
	красное	серое	
Dсин	0,48	0,67	- 0,19
Dзел	0,47	0,64	- 0,17
Dкр	1,05	0,59	+0,46

Таблица 15. Результаты измерения плотностей двух полей цветной шкалы на негативной кинопленке ДС-4 (без учета плотности маски и вуали)

Зональные плотности	Значения зональных плотностей для поля, Б		ΔD,Б
	красное	серое	
Dсин	0,31	0,59	- 0,28
Dзел	0,38	0,57	- 0,19
Dкр	0,93	0,53	+0,40

Таблица 16. Разница плотностей двух полей (красного и серого) цветной шкалы для различных типов пленок

Тип пленки	Разность плотностей по зонам между красным и серым полем, Б		Разность плотностей между зонами, Б	
	ΔDсин	Δ Dзел	ΔDкр	Δ Dзел — ΔDсин
ЛН-9	- 0,28	- 0,03	0,31	0,25
ЛН-8	- 0,41	- 0,06	0,38	0,35
ЛН-7	- 0,38	- 0,15	0,25	0,23
ДС-5м	- 0,19	- 0,17	0,45	0,02
ДС-4	- 0,28	- 0,20	0,40	0,08

ностей, которое свойственно оранжевому цвету (см. рис. 21,б): плотность по зеленой зоне значительно, на 0,22-0,26 Б, превосходит плотность по синей, то это значит, что красный цвет стал оранжевым уже на негативной стадии.

Определим цветовой тон красного поля шкалы Agfa на других типах кинопленок. Для этого проанализируем, как и в предыдущем случае, разность зональных плотностей в негативе между красным и серым полями (табл. 12 - табл. 15).

Сведем в одну таблицу отличие красного поля от серого, полученное для разных типов цветных негативных кинофотоматериалов. Чтобы составить представление о точности передачи красного тона, сравним разность плотностей в синей и зеленой зонах (табл. 16).

Графически цветопередачу красного цвета удобнее изобразить в зональных диаграммах относительно серого, принятого за ноль как не имеющего цветности. Тогда на основе приведенных в табл. 16 данных можно построить графики, представленные на рис. 23 (точки d, e, f соответствуют зональным плотностям Dсин, Dзел, Dкр).

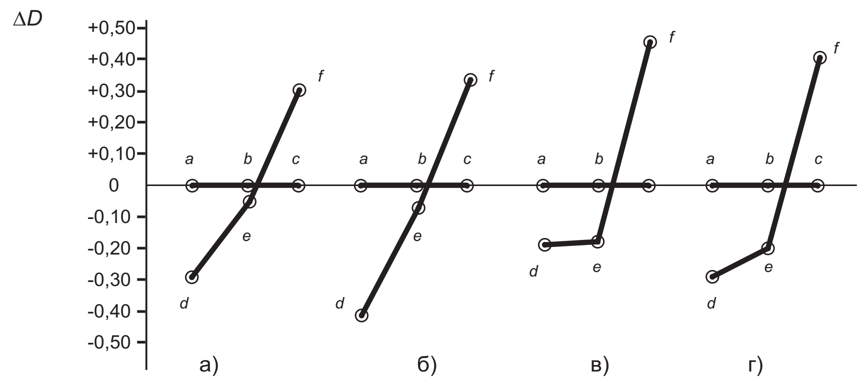


Рис 23. Схематичное изображение красного цвета (d —e — f) относительно серого (a - b - c) в виде зональной диаграммы: а - на кинопленке ЛН-9, б - на кинопленке ЛН-8, в - на кинопленке ДС-5м, г - на фотопленке ДС-4

Суммарный цвет маски на обработанной ДС-5м практически чисто желтый, что свойственно одной желтой маскирующей компоненте 187-м среднего слоя. Оранжевая маскирующая компонента нижнего слоя 152-м столь слаба по цвету, что ее просто не видно. Можно считать, что голубой краситель в ДС-5м не маскирован вообще.

Итак, нет никаких фактов, подтверждающих предположение, что причина ухода красного цвета в оранжевый заключена в недомаскировании. Все факты свидетельствуют как раз обратное: там, где пленка маскирована, красный цвет превращается в оранжевый, а там, где голубой краситель недомаскирован (как, например, в ДС-5м), красный цвет остается красным. Следовательно, недомаскирование не является причиной искажения тона красного цвета .

«НЕ РУБИТЕ С ПЛЕЧА» - 2 (О ПЕРЕМАСКИРОВАНИИ)

Предметом анализа данной статьи будет всего одно предложение, та же самая расхожая фраза: «При недомаскировании голубого красителя красные цвета становятся оранжевыми, а при перемаскировании — пурпурными». Но не все предложение, а лишь вторая его половина.

Мы попробуем определить, насколько должен быть перемаскирован голубой краситель цветной негативной кинопленки чтобы, фотографируя красное поле цветной шкалы, получить его в позитиве пурпурным.

Возьмем для этого два поля цветной шкалы: красное и пурпурное, которые обычно используются на 6-польных цветных шкалах и посмотрим сначала, чем они отличаются друг от друга по спектральному отражению, а потом — чем различаются их изображения в негативе.

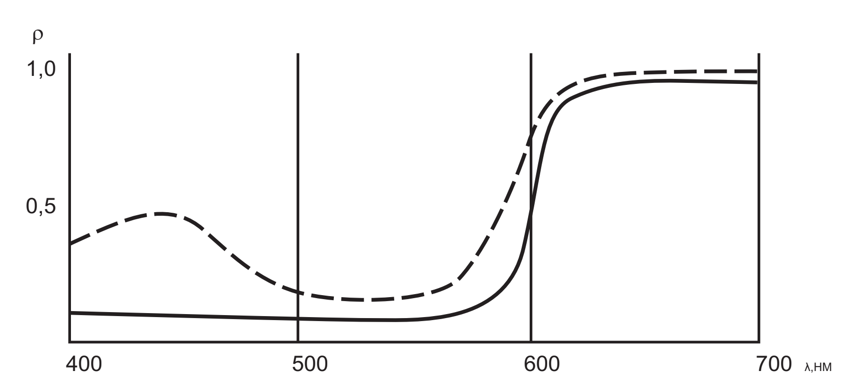


Рис24. Спектральные кривые отражения двух полей цветной шкалы «Agfa»: —— красное поле; - - - - - пурпурное поле

Кривые спектрального отражения двух полей (красного и пурпурного) шкалы «Агфа» приведены на рисунке 24. Имея практически одинаковый коэффициент отражения в красной зоне, пурпурное поле, в отличие от красного, имеет в синей зоне второй максимум отражения.

Расположив рядом с этими полями еще 18%-ное серое поле, сфотографируем эти три поля вместе, а затем проанализируем плотности полей в негативе.

Во всех популярных книгах по цветной фотографии для схематичности цветоделения делается грубое упрощение: указывается, что красный цвет объекта (цветной шкалы, например) передается в негативе голубым красителем. Только голубым красителем. Однако любое красное поле, будь то красная аппликационная бумага, красная ткань или красная гуашь, помимо отражения 60 — 80 % света в красной зоне, непременно 3 — 5% отражает еще в синем и столько же в зеленом участке спектра. И эти 3 — 5 % отраженного света создают в негативе заметную плотность.

Если мы экспонируем негатив так, что серое 18%-ное поле занимает в негативе плотности 0,6 — 0,6 — 0,6 над вуалью (соответственно по денситометрическим промерам за синим, зеленым и красным светофильтрами статуса «М»), то плотность красного поля в красной зоне достигает 0,9 Б, а плотности в синей и зеленой зонах у этого же красного поля приблизительно равны 0,3 Б (рис. 25).

Для того, чтобы вести разговор о том эффекте, который даст перемаскирова-



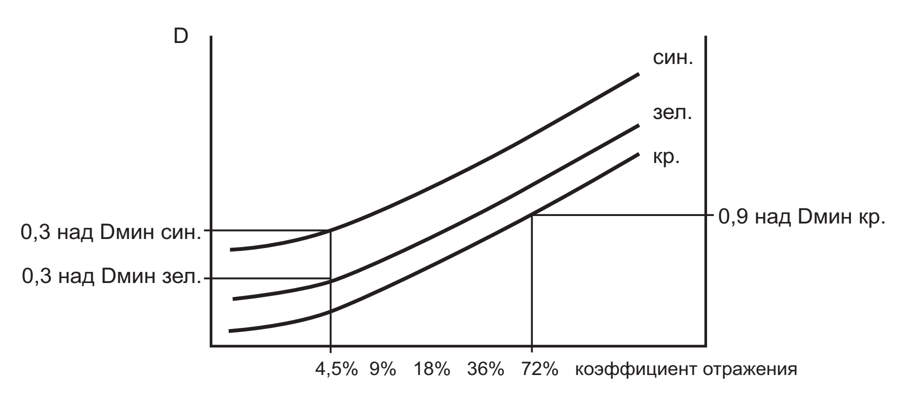


Рис 25. Характеристическая кривая цветного негативного кинофотоматериала и зависимость зональных плотностей от коэффициентов отражения красного поля

ние, возьмем в качестве исходной пленку немаскированную, типа ДС-4, и введем в нее (вначале на бумаге) маскирующую компоненту в таком количестве, чтобы получить необходимое нам перемаскирование.

На немаскированной фотопленке ДС-4 при выровненном по плотностям сером поле на уровне 0,6 над вуалью красное и пурпурное поля создают в негативе плотности, представленные в табл. 17, (процесс выравнивания с помощью корректирующих светофильтров рассматривался в предыдущей статье).

Таблица 17. Значения зональных плотностей трех полей цветной шкалы на негативной немаскированной фотопленке ДС-4

Зональные плотности	Значения зональных (интегральных) плотностей для поля, Б		
	серое	красное	пурпурное
Dсин	0,60	0,35	0,69
Dзел	0,60	0,39	0,56
Dкр	0,60	0,87	0,88

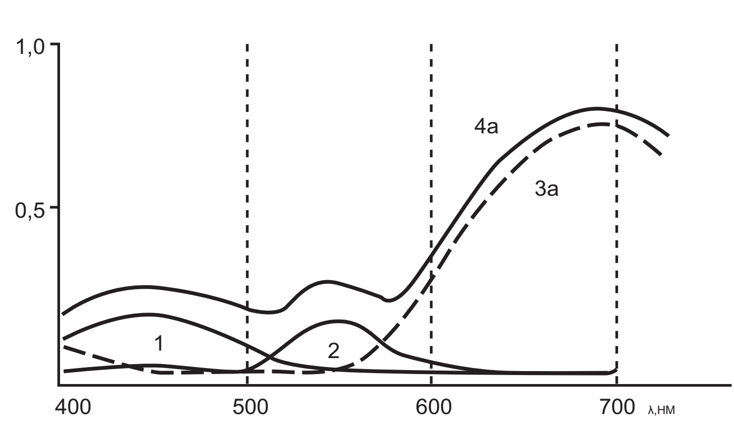


Рис 26. Спектральные характеристики поглощения частичных (цветоделенных) изображений: желтого (1), пурпурного (2), голубого немаскированного (3а) и интегральная плотность красного поля (4а)

Поскольку серое поле состоит из трех красителей, расположенных в трех слоях, то измеряя плотность серого поля, например за синим светофильтром, мы оцениваем интегральную плотность, образованную в синей зоне желтым, пурпурным и голубым частичными изображениями.

Теперь мы можем конкретизировать вопрос, поставленный в начале статьи: как «перемаскировать» голубой краситель негатива, чтобы после съемки и химико-фотографической обработки красное поле тест-объекта получилось пурпурным. Другими словами, как, видоизменив путем маскирования голубой краситель, из плотностей красного поля 0,35 — 0,39 — 0,87 сделать в негативе плотности 0,69 — 0,56 — 0,88, принадлежащие пурпурному цвету.

Чтобы дать ответ, проанализируем на спектрофотометре негативное изображение сфотографированного красного поля — получится спектральная характеристика поглощения, изображенная на рис. 26 (кривая 4а). По форме кривой (три максимума) можно сделать вывод о присутствии в исследуемом красном поле помимо голубого красителя некоторого количества желтого и небольшого количества пурпурного красителя.

Спектральные характеристики поглощения желтых, пурпурных и голубых красителей известны, поэтому легко определить долю только желтого (см. рис. 26, кривая 1), пурпурного (кривая 2) и голубого (кривая 3) красителей в изображении красного поля в негативе (табл. 18).

Итак, непосредственно голубой краситель в негативном изображении красного поля имеет следующие плотности: 0,08 — 0,10 — 0,79 (соответственно с — з — к зоны).

Теперь таким же образом, выбрав для анализа пурпурное поле, найдем необходимые плотности перемаскированного голубого красителя, который превратит красное поле в пурпурное.

Количества желтого и пурпурного негативных красителей (желтое и пурпурное

Таблица 18. Вклад по зонам частичных (цветоделенных) изображений в интегральную плотность изображения красного поля в негативе

Зональные плотности	Значения зональных плотностей для частичных (цветоделенных) изображений, Б			Интегральная плотность красного поля, Б
	желтое	пурпурное	голубое	
Dсин	0,20	0,07	0,08	0,35
Dзел	0,03	0,26	0,10	0,39
Dкр	0,02	0,06	0,79	0,87

частичные изображения) в пурпурном поле шкалы должны остаться неизменными, поскольку главное условие задачи — изменить перемаскированием только голубой краситель. Следовательно, «желтую» и «пурпурную» составляющие в виде тех же самых кривых (соответственно кривые 1 и 2) мы перенесем без изменения с рис. 26 на рис. 27, где представлен результат измерения на спектрофотометре негативного изображения пурпурного поля (кривая 4б).

Чтобы получить плотности пурпурного поля 0,69 — 0,56 — 0,88 (см. рис. 27, кривая 4б), необходимо заполнить оставшееся после переноса желтой и пурпурной составляющих пространство гипотетическим перемаскированным голубым красителем (кривая 3б). Простым вычислением мы находим конкретные плотности перемаскированного голубого красителя (табл. 19).

Теперь численно видна та задача, которую нужно поставить перед химиками, разрабатывающими маскирующие компоненты: рассчитать количество маскиру-

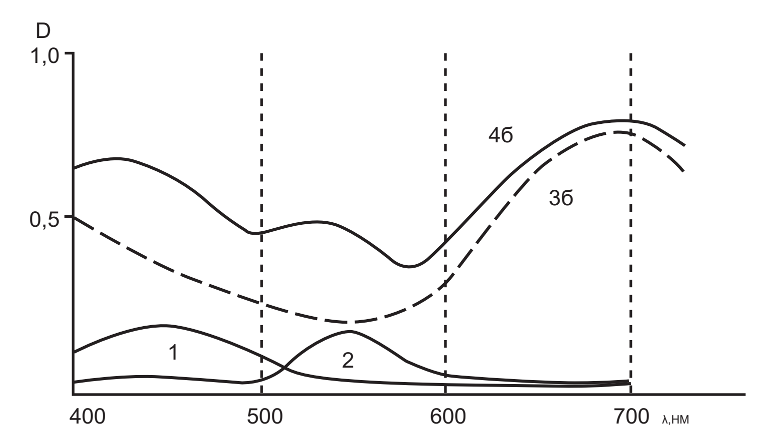


Рис 27. Спектральные характеристики поглощения желтого (1), пурпурного (2), голубого перемаскированного (3б) частичных (цветоделенных) изображений и интегральная плотность пурпурного поля (4б)

Таблица 19. Вклад по зонам частичных (цветоделенных) изображений в интегральную плотность изображения пурпурного поля в негативе

Зональные плотности	Значения зональных плотностей для частичных (цветоделенных) изображений, Б			Интегральная плотность пурпурного поля,Б
	желтое	пурпурное	голубое	
Dсин	0,20	0,07	0,52	0,79
Dзел	0,03	0,26	0,27	0,56
Dкр	0,02	0,06	0,80	0,88

ющей компоненты, необходимой для перемаскирования голубого красителя: из плотностей 0,08 — 0,10 — 0,79 в плотности 0,52 — 0,27 — 0,80. Поскольку внутреннее маскирование уменьшает плотности в синей и зеленой зонах — в этом заключен принцип работы любых маскирующих компонент — для голубого красителя задача конкретизируется еще больше: определить количество маскирующей компоненты, необходимой для перемаскирования голубого красителя таким образом, чтобы плотность в синей зоне изменилась бы с 0,08 Б до 0,52 Б, а плотность в зеленой зоне — с 0,10 Б до 0,27 Б.

Фактически необходим процесс, противоположный маскированию — не уменьшение плотностей, а увеличение, причем такое, чтобы плотность голубого красителя в синей зоне существенно превысила плотность в зеленой зоне.

Разницу между плотностью голубого красителя в синей зоне и зеленой зоне нужно довести до 0,25 Б (0,52 — 0,27). Пока же все голубые красители, не только отечественные (компоненты 654, 686, 546, ЗГ-7), но и зарубежные, имеют плотность в синей зоне заметно меньшую, чем в зеленой. И если с помощью розовой маскирующей компоненты Н-616м можно добиться лишь выравнивания зональных плотностей голубого красителя, то оранжевые маскирующие компоненты (Н-400, Н-152м) еще больше снижают и без того невысокую плотность в синей зоне. Нет реальных маскирующих компонент, которые могли бы плотность голубого красителя в синей зоне повысить.

Поэтому могут быть спокойными и кинооператоры, и фотолюбители — никакое искажение цветопередачи из-за перемаскирования кинофотоматериалов им не грозит: никогда ни при каком перемаскировании красный цвет не сможет стать пурпурным.

ВЕНСКИЕ КРУЖЕВА
(О ВЛИЯНИИ МАСКИРОВАНИЯ НА ЦВЕТОПЕРЕДАЧУ)

Сначала я подумал, что это ошибка, настолько результаты эксперимента удивили меня. Однако после того, как все было тщательно перепроверено, сомнения рассеялись — ошибки не было: образцы визуально отличались друг от друга,но на всех трех образцах цветопередача была идентичной.

Полив образцов кинопленок проводился для того, чтобы определить, в какой мере маскирование голубого красителя в негативе влияет на цветопередачу красных объектов. В одном образце (а это была цветная трехслойная негативная кинопленка) в нижний слой маскирующая компонента не была введена вообще, в другом — в нижнем слое использовалась маскирующая компонента Н-400 оранжевого цвета и в третьем — голубой негативный краситель маскировался розовой компонентой Н-616м. Таким образом, образцы положенные рядом друг с другом отличались один от другого даже визуально.

Для анализа на каждую пленку вместе с серой шкалой были сфотографированы два красных поля цветной шкалы — красный алый и кадмий красный. Поскольку насыщенность и цветовой тон определяются как степень отличия цветного поля от ахроматического (серого) поля, на сфотографированной цветной таблице в первую очередь промерялись плотности двух полей: серого и красного. Разница между зональными плотностями серого и зональными плотностями красного поля сравнивались между собой на первой пленке, на второй и на третьей. Поскольку маскирование должно изменить соотношение зональных плотностей голубого красителя, то эта разница непременно должна отразиться на цветовом тоне и насыщенности красного поля — то есть плотность красного поля относительно серого на немаскированной пленке должна измениться при введении маскирующей компоненты.

Образцы кинопленки были разного цвета, и это свидетельствовало о том, что полив эмульсий прошел так, как и задумывалось. Поэтому, отсняв на этих трех пленках цветную таблицу и промерив на денситометре отклонения красного поля от серого, ничего не оставалось делать, как принимать за должное то, что результаты денситометрических отклонений на всех трех образцах... не отличались друг от друга.

В душе я еще надеялся, что где-то допустил ошибку и не торопился признавать увиденное. Я перепромерял негативы второй и третий раз. И иногда улавливал разницу в 0,02 — 0,03 Б. Но стоило чуть сдвинуть негатив на денситометре, как эта разница пропадала. Как я убедился, визуально ощутить изменение цветового тона в позитивном изображении можно лишь тогда, когда изменение плотности в негативе составит не менее 0,05 — 0,06 Б.

Испытывались две разные маскирующие компоненты — оранжевая и розовая, чтобы доказать преимущества розовой компоненты перед оранжевой. Однако триумф розовой компоненты не состоялся. Не выиграла и оранжевая маскирующая компонента. Красное поле в негативе относительно серого поля на всех трех образцах никак не изменялось. Изменялись абсолютные значения плотностей, но степень отличия (относительная разница) оставалась той же.

Еще минуту назад я не верил, что сейчас следом смогу написать эту сакраментальную фразу. Я все оттягивал время, думал, что-то изменится. Но выводы сводились к тому, что никакого влияния маскирование на цветопередачу не оказывает. При испытании трехслойных образцов (с маскирующей компонентой и без нее) было зафиксировано, что маскирование голубого красителя негативных пленок не приводит к увеличению насыщенности цвета и не изменяет цветового тона красных объектов.

Я очень долго не доверял полученным результатам, пока не провел очередной эксперимент — с желтой маскирующей компонентой. Для того, чтобы определить, какое изменение в цветопередачу зеленого цвета внесет маскирование пурпурного красителя желтой маскирующей компонентой, на опытной поливной машине были изготовлены два образца цветной негативной кинопленки: с маскирующей компонентой и без нее.

Чтобы избежать возможных градационных расхождений (по степени контрастности слоев, по светочувствительности), образцы изготовлялись одновременно, в один день. Вначале поливался общий нижний слой, и потом образец делился пополам. На первую половину наносился средний слой без маскирующей компоненты, на вторую половину — средний слой с маскирующей компонентой. Затем два образца склеивались вместе, и на них наносился общий верхний слой. Таким образом получались две пленки, максимально приближенные друг к другу по контрасту и по светочувствительности.

Чтобы узнать, как маскирование пурпурного красителя повлияет на цветовой тон зеленого объекта, из набора аппликационной бумаги был выбран для съемок самый насыщенный зеленый цвет. Это поле было сфотографировано вместе с серой шкалой экспозиционным клином от недодержки до передержки.

Предметом анализа в обработанном негативе были два поля: 18%-ное серое и зеленое. Одно из них в негативе было близко к нейтральному, а второе, зеленое, имело в негативе серо-пурпурный цвет.

Во всех популярных книгах по цветной фотографии для схематичности рассуждения о цветоделении делается упрощение, которое простительно только фотолюбителям. Говорится, что зеленое поле цветной шкалы передается в негативе пурпурным красителем, одним пурпурным красителем. Однако зеленый цвет, например, зеленой аппликационной бумаги, зеленой ткани или растительной зелени, непременно отражает свет и в синей и красной зонах спектра. Если бы растительная зелень отражала свет, скажем, только в зеленой зоне, она в негативе была бы чисто пурпурной, состояла бы только из одного пурпурного красителя. И если бы мы имели в виду конкретно траву, которая в зеленой зоне отражает около 18% света, то ее плотность в негативе в зеленой зоне была бы равна плотности 18%-ного серого поля в зеленой зоне. В том случае, когда плотность серого 18%-ного поля в нормально экспонированном негативе получается на уровне 0,6 Б над вуалью (корректнее выражаясь, над минимальной плотностью), то и травяной покров в зеленой зоне будет иметь в негативе ту же плотность — около 0,6 Б над вуалью.

И если бы растительная зелень состояла в негативе только из пурпурного красителя, то ее плотность была бы равна в белах 0,14 — 0,60 — 0,11 соответственно за синим, зеленым и красным фильтрами денситометра, поскольку именно такие плотности имеет сам пурпурный краситель в немаскированных пленках. Или плотность была бы 0,08 — 0,60 — 0,10, если бы мы имели дело с маскированной пленкой. Однако на маскированной кинопленке ДС-5м зеленая весенняя трава передается плотностью 0,43 — 0,62 — 0,40 (относительно плотности средне-серого поля в негативе, принятого за 0,6 — 0,6 — 0,6). Это свидетельствует о том, что в негативе образуется не только пурпурный краситель, но и изрядные количества желтого и голубого красителя. Получается, что зеленая трава не так уж мало отражает света в синей и красной зонах спектра.

Зеленое поле, которое проходило а наших испытаниях, имело больший чем у растительной зелени коэффициент отражения и при плотности серого 18%-ного поля в зеленой зоне 0,6 Б создавало в негативе большую плотность — 0,75 (над вуалью при измерении за зеленым фильтром денситометра). Если бы в этом месте негатива образовался только пурпурный краситель, то на немаскированном

образце такое поле имело бы плотности 0,18 — 0,75 — 0,11 (соответственно за син-, зел-, кр- светофильтрами). Однако реальные плотности 0,58 — 0,75 — 0,65 показывали, что зеленые объекты, окружающие нас, весьма далеки от спектрально чистых зеленых цветов, действующих исключительно на один слой кинопленки и приводящих к образованию только пурпурного красителя.

Зная спектральные характеристики негативных красителей, можно определить, сколько желтого и голубого красителя прибавилось к пурпурному красителю в негативном изображении. А затем на основе вклада в плотности только пурпурного красителя можно пересчитать, что произойдет с соотношением плотностей зеленого поля, когда немаскированный пурпурный краситель будет заменен маскированным.

Таблица 20. Зональные денситометрические плотности желтого и голубого красителей негативной кинопленки

Желтый краситель			Голубой краситель		
Dсин	Dзел	Dкр	Dсин	Dзел	Dкр
1,00	0,12	0,04	0,11	0,13	1,00
0,90	0,10	0,04	0,09	0,12	0,90
0,80	0,09	0,04	0,08	0,10	0,80
0,70	0,08	0,04	0,07	0,09	0,70
0,60	0,07	0,03	0,06	0,08	0,60
0,50	0,06	0,03	0,04	0,06	0,50
0,40	0,05	0,03	0,03	0,05	0,40
0,30	0,03	0,02	0,02	0,04	0,30
0,20	0,03	0,02	0,02	0,03	0,20
0,10	0,02	0,01	0,02	0,02	0,10

Таблица 21. Зональные денситометрические плотности пурпурного красителя негативной кинопленки до и после маскирования

Пурпурный краситель до маскирования			Пурпурный краситель после маскирования			Падение плотности в синей зоне вследствие маскирования
Dсин	Dзел	Dкр	Dсин	Dзел	Dкр	ΔDсин,Б
0,29	1,10	0,18	0,04	1,10	0,16	- 0,25
0,26	1,00	0,16	0,05	1,00	0,14	- 0,21
0,23	0,90	0,14	0,06	0,90	0,12	- 0,18
0,20	0,80	0,12	0,07	0,80	0,11	- 0,13
0,16	0,70	0,11	0,08	0,70	0,11	- 0,08
0,14	0,60	0,10	0,08	0,60	0,10	- 0,06
0,11	0,50	0,08	0,07	0,50	0,08	- 0,04
0,09	0,40	0,07	0,07	0,40	0,07	- 0,02
0,07	0,30	0,06	0,05	0,30	0,06	- 0,02
0,05	0,20	0,04	0,04	0,20	0,04	- 0,01
0,03	0,10	0,02	0,03	0,10	0,02	0

Копировальное серое поле в негативе состоит из трех цветоделенных изображений (желтого, пурпурного и голубого). Спектральное пропускание используемых красителей и соответствующие плотности по трем зонам известны для любой концентрации красителя (табл. 20 и 21), поэтому численно легко определить вклад каждого красителя в это серое поле (рис. 28, и табл. 22).

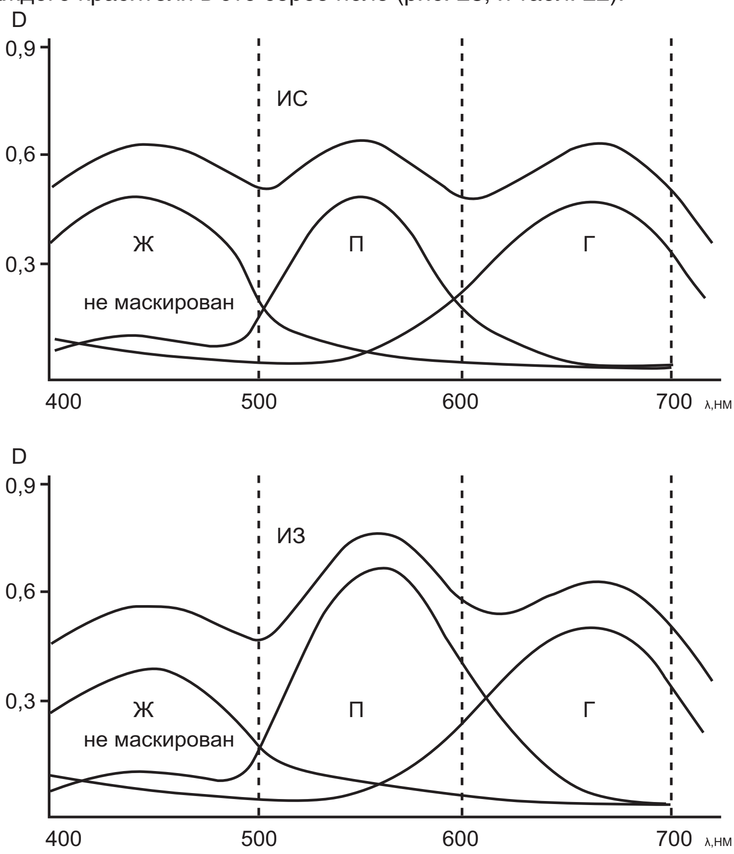


Рис 28. Спектральные кривые поглощения серого (вверху) и зеленого (внизу) полей в негативе (пурпурный краситель немаскирован): ж,п,г — желтая, пурпурная, голубая составляющие интегрального серого (ИС) и интегрального зеленого (ИЗ) полей

Таблица 22. Распределение интегральной плотности серого поля по плотностям частичных (цветоделенных) изображений (пурпурный краситель не маскирован)

Обозначение зональных плотностей	Значения зональных плотностей для частичных (цветоделенных) изображений, Б			Интегральная плотность серго поля,Б
	желтое	пурпурное	голубое	
Dсин	0,45	0,11	0,04	0,60
Dзел	0,05	0,49	0,06	0,60
Dкр	0,03	0,08	0,49	0,60

Также легко пересчитывается концентрация каждого красителя в негативном изображении зеленого поля. Поскольку известна интегральная плотность поля по трем зонам (0,58 — 0,75 — 0,65), то имеется лишь единственный вариант, как

получить эти значения из плотностей желтого, пурпурного и голубого красителей (рис. 28, внизу и табл.23).

Чтобы оценить эффект маскирования, заменим немаскированный пурпурный

Таблица 23. Распределение интегральной плотности зеленого поля по плотностям частичных (цветоделенных) изображений (пурпурный краситель не маскирован)

Обозначение зональных плотностей	Значения зональных плотностей для частичных (цветоделенных) изображений, Б			Интегральная плотность серго поля,Б
	желтое	пурпурное	голубое	
Dсин	0,39	0,14	0,05	0,58
Dзел	0,05	0,63	0,07	0,75
Dкр	0,03	0,10	0,52	0,65

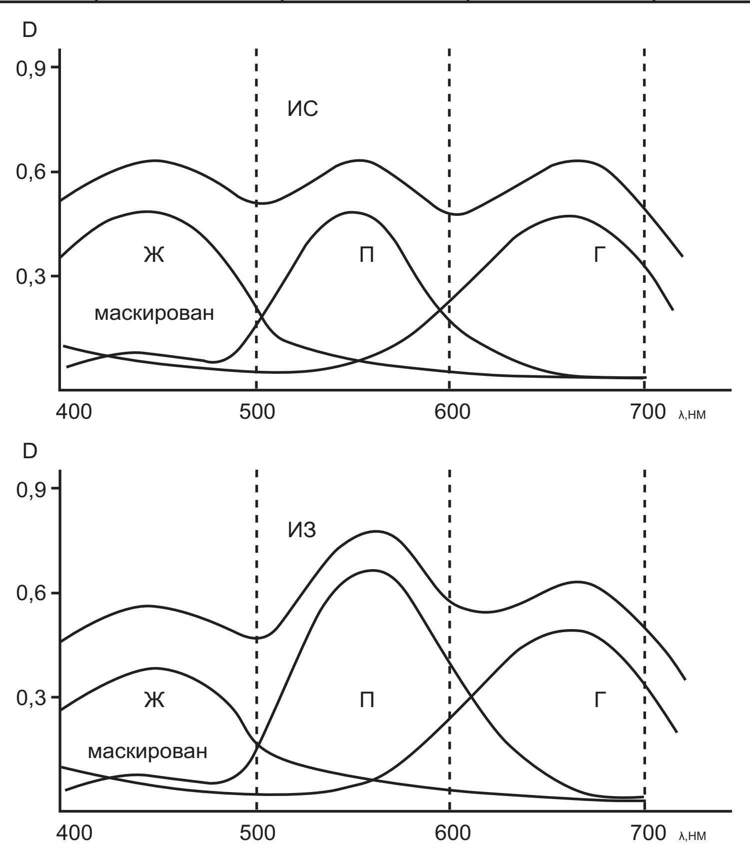


Рис 29. Спектральные кривые поглощения серого (вверху) и зеленого (внизу) полей в негативе (пурпурный краситель маскирован). Обозначения те же, что и на рис. 28

краситель на краситель маскированный с такой же плотностью в зеленой зоне, т. е. плотность в белах цветоделенного пурпурного изображения 0,14 - 0,63 - 0,10 (см. табл. 21 и 23) заменим плотности маскированного пурпурного красителя, равные 0,08 - 0,63 - 0,10 (см. табл. 21 и 25). Соответственно заменим пурпурный

Таблица 24. Распределение интегральной плотности серого поля по плотностям частичных (цветоделенных) изображений (пурпурный краситель маскирован)

Обозначение зональных плотностей	Значения зональных плотностей для частичных (цветоделенных) изображений, Б			Интегральная плотность серго поля,Б
	желтое	пурпурное	голубое	
Dсин	0,45	0,07	0,04	0,56
Dзел	0,05	0,49	0,06	0,60
Dкр	0,03	0,08	0,49	0,60

Таблица 25. Распределение интегральной плотности зеленого поля по плотностям частичных (цветоделенных) изображений (пурпурный краситель маскирован)

Обозначение зональных плотностей	Значения зональных плотностей для частичных (цветоделенных) изображений, Б			Интегральная плотность серго поля, Б
	желтое	пурпурное	голубое	
Dсин	0,39	0,08	0,05	0,52
Dзел	0,05	0,63	0,07	0,75
Dкр	0,03	0,10	0,52	0,65

краситель и в сером поле, поскольку краситель изменяется во всей пленке. Плотности пурпурного красителя серого поля 0,11 - 0,49 - 0,08 (см. табл. 22) заменим на плотности 0,07 - 0,49 - 0,08 (см. табл. 24). И тогда получим то, что представлено на рис. 29 и в табл. 24 и 25.

После замены немаскированного пурпурного красителя маскированным плотность в синей зоне у серого поля уменьшилась в абсолютном значении на 0,04 Б, а плотность зеленого поля в той же синей зоне также в абсолютном значении — на 0,06 Б. Относительно же серого поля плотность в зеленом поле уменьшилась всего на 0,02 Б. То есть маскирование пурпурного красителя привело к изменению плотности насыщенного зеленого цвета в синей зоне только на 0,02 Б.

Подобная поправка плотности никак не отразится на цветовом тоне зеленого объекта, так как глаз этого просто не заметит. К тому же 0,02 Б — погрешность работы денситометра. В итоге получается, что никакого изменения в цветопередачу маскирование не вносит.

Эта разность плотностей в 0,02 возникает вследствие того, что при замене немаскированного красителя маскированным как в сером поле, так и в зеленом, используются различные концентрации пурпурного красителя с разным падением плотности в синей зоне. Если же концентрация заменяемого красителя в сером поле и в зеленом объекте будут равны, как, например, при съемке растительной зелени, вообще никакого эффекта маскирования наблюдаться не будет. На сколько изменится плотность в сером поле, на столько же изменится плотность и в зеленом объекте. И относительно серого поля зеленое поле никак не изменится.

О том, что серое поле в негативе состоит из тех же самых красителей, что и все сильно или слабо насыщенные объекты, почему-то забывают. Изменяя маскированием один из красителей с целью улучшения передачи насыщенных цветов, мы те же изменения автоматически вносим и в красители, из которых строится изображение серой шкалы. И маскирование, которое изменяет абсолютные значения плотностей красителя, тем не менее, не вносит никаких изменений в относительное распределение плотностей, т.е. в цветопередачу.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что при маскировании негативных красителей цветопередача изменяется в таких узких пределах, что результат этого изменения невозможно уловить глазом на киноэкране. Разговор о влиянии на

цветопередачу изменения плотности в негативе на 0,02 Б или даже на 0,03 Б, конечно, интересен, но интересен скорее с чисто теоретической, чем практической точки зрения.

Это просто ювелирная работа — вводить маскирующую компоненту для того, чтобы изменить плотности насыщенного объекта в негативе на 0,01 — 0,02 Б. Такая же тонкая работа, как и венские кружева.

О ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ КРАСНОГО ЦВЕТА

Часть 1. Этот пожелтевший красный цвет

Когда мне рассказали об этом кадре, я тут же пошел в монтажную и отыскал этого кинооператора. Он со смущением (по-видимому, я был не первым) и одновременно с гордостью показал план, о котором шла речь. Красное полотнище там действительно было красным.

Снято было зимой и на пленке ДС-5м. А поскольку этот план, как и весь эпизод, был снят на «отечественной» кинопленке, то этот факт казался почти невероятным. Вот уже лет сорок кинооператоры тяжело вздыхают об одном и том же: невозможно передать на наших пленках красный цвет красным. Он все время стремится стать оранжевым. А тут — чистый красный цвет.

До поры до времени я считал, что этот дефект цветопередачи связан с недомаскированием голубого красителя негатива. Казалось, достаточно поменять маскирующую компоненту, увеличить, в случае необходимости, ее количество, — и проблема красного цвета будет решена. В 1988 году по предложению А.Д.Кириллова, главного технолога «Свемы» по цветным кинофотоматериалам, я перепробовал всевозможнейшие соотношения оранжевых маскирующих компонент и только что синтезированной в Казани розовой маскирующей компоненты Н-616м.

Оказалось, что добиться перемаскирования голубого красителя, особенно в области высоких плотностей, совсем не трудно, не говоря уже о нормальном маскировании. Две маскирующие компоненты в паре, оранжевая и розовая, примерно в равном количестве доводили голубой краситель до совершенства. Об этом же свидетельствовал анализ маскирования по разработанной в НИКФИ методике «Dвр/ Dпол» — по соотношению вредных и полезных плотностей. Голубой краситель на «Свеме» мы отмаскировали как нельзя лучше.

Но когда на опытной машине ОПЭ-400 были изготовлены первые 600 метров пленки ЛН с отличным маскированием голубого красителя, то выяснилось, что в цветопередаче ничего не произошло. Ничего существенного. Как получался красный цвет шкалы оранжевым, так оранжевым и оставался. А красный фотолабораторный фонарь, по-прежнему получался желтым. Особенно хороший желтый цвет наблюдался вокруг лампочки фонаря, просвечивающей сквозь красное стекло. К краю фильтра, где яркость света ослабевала, желтый цвет плавно переходил в оранжевый. Проблема была не в маскировании.

Причина оказалась в другом — в спектральной сенсибилизации. Оказалось, что в реальной плёнке ЛН красный цвет воздействует сразу на два слоя — на красночувствительный и зеленочувствительный — столь далеко зеленочувствительный слой киноплёнки заходит в красную зону.

Так, например, спектральная чувствительность пленки ЛН-9 в зеленой зоне формируется (так же, как это было и в ЛН-8) за счет трех ортохроматических сен-

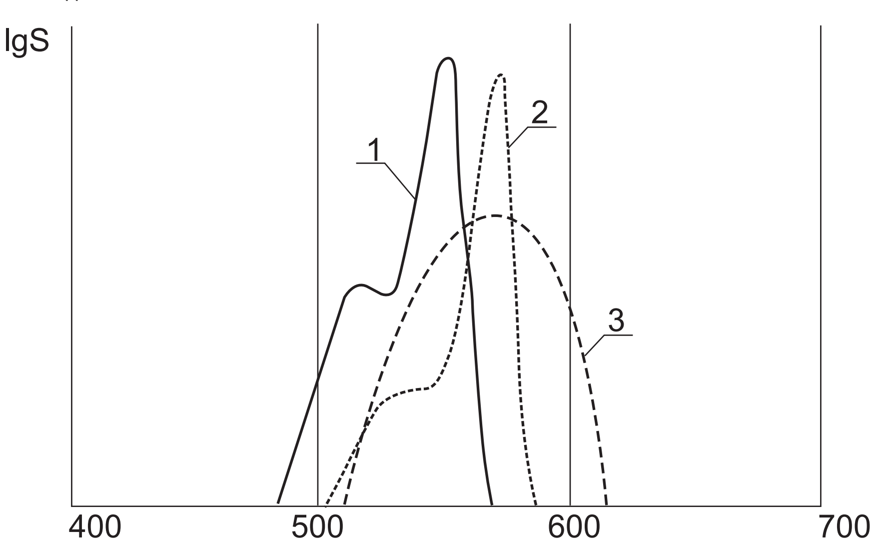


Рис 30. Спектральные сенсибилизаторы зеленочувствительного слоя: 1 — 3845 и 2 — 4063, 3 — 4804

сибилизаторов: 3845, 4063, и 4804.

Первый сенсибилизатор, 4063, задающий «основной тон», имеет максимум сенсибилизации около 570 нм и дальнюю границу 580-590 нм, второй сенсибилизатор 3845 (или близкий к нему 4383) имеет максимум 545-550 и дальнюю границу 575-580 нм (рис. 30). Дальнейшее расширение зоны чувствительности достигается с помощью сенсибилизатора 4804: максимум — 560 нм, дальняя граница — 610 нм. Именно этот третий сенсибилизатор, хотя количественно его берется почти в 4 раза меньше основного, улавливает часть светового потока, прошедшего через красное стекло. Красный свет лабораторного фонаря будет воздействовать не только на красночувствительный слой, но и на зеленочувствительный, и к голубому красителю, вышедшему в красночувствительном слое прибавится какое-то количество пурпурного красителя зеленочувствительного слоя. При очень высокой яркости источника красного света выход голубого красителя в красночувстви-

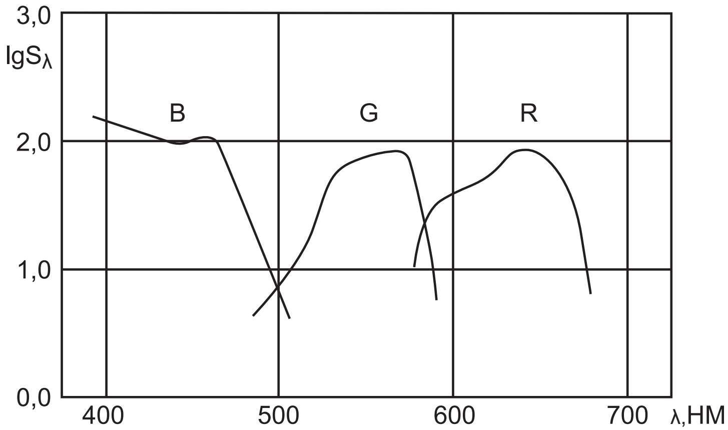


Рис 31. Спектральная чувствительность цветной негативной кинопленки F-250D «Фудзи»

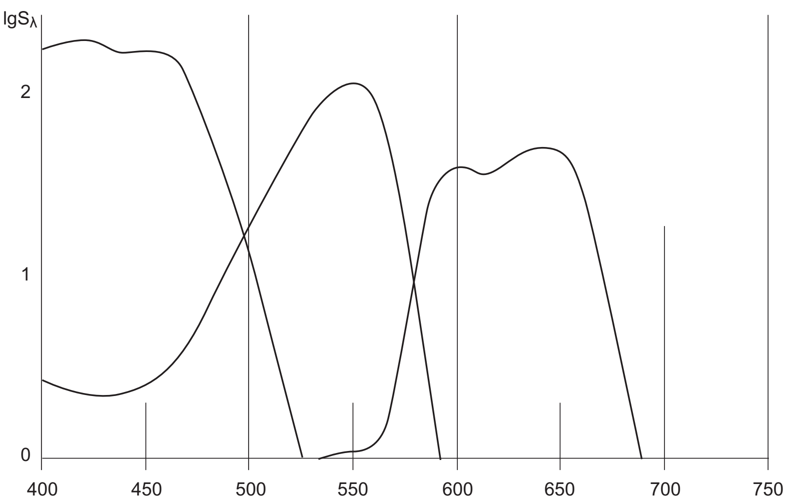


Рис 32. Спектральная чувствительность кинопленки «Кодак 5296»

тельном слое достигает своего насыщения (из характеристической кривой видно, что красночувствительный слой при увеличении экспозиции начинает загибается очень рано), пурпурного красителя при этом выходит приличное количество — и красный фонарь в негативе получается уже не голубым, а сине-фиолетовым. Оттого и выглядит яркий красный цвет в позитиве почти желтым.

Можно идеально отмаскировать голубой краситель в нижнем слое, это не так трудно, но это не улучшит передачу цветового тона красного цвета, поскольку под действием прошедших через красное стекло лучей с длиной волны 590-620 нм выходит дополнительно пурпурный краситель в соседнем слое.

Чтобы устранить этот недостаток, в средний слой кинопленки следует ввести такой ортохроматический сенсибилизатор, дальняя ветвь которого не уходила бы в красную зону, а обрывалась бы около 600 нм, как, например, это имеет место у негативных кинопленок «Фудзи» (рис 32) или у кинопленок «Кодак» (рис 32).

Если проэкспонировать кинопленку ЛН-9 и «Кодак 5248» через красный

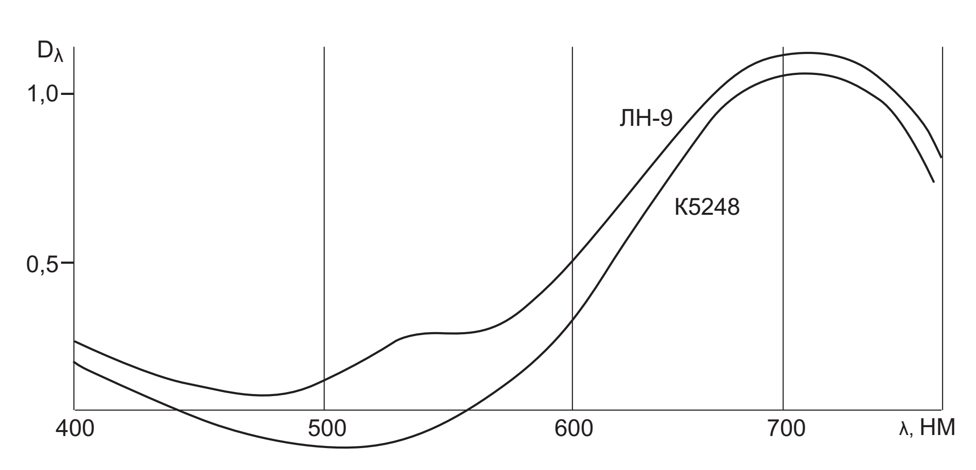


Рис 33. Спектральная характеристика голубых красителей в кинопленке ЛН-9 и Кодак 5248, полученных экспонированием сенситограммы за красным светофильтром W-29

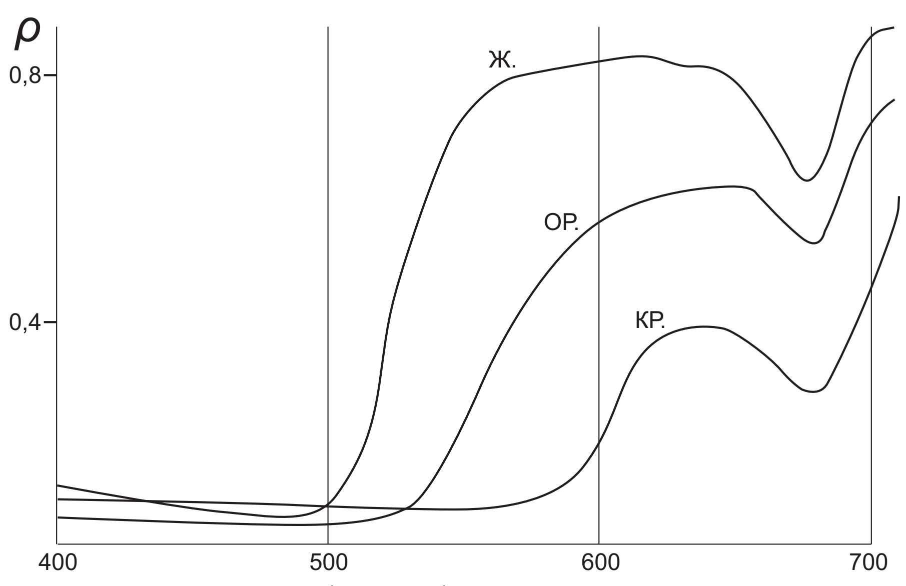


Рис 34. Кривые спектрального отражения (слева направо) желтых, оранжевых и красных садовых цветов

фильтр W-29, пропускающий лучи только красной зоны, а потом, после проявки, промерить на спектрофотометре вышедший голубой краситель, то горбик в зеленой зоне спектра, имеющий максимум подъема около 530 нм, на спектральной характеристике голубого красителя пленки ЛН-9 однозначно скажет о присутствии в нем пурпурного красителя (рис. 33). Конечно же, спектральной сенсибилизацией, а не мифической диффузией красителей из одного слоя в другой объясняется тот факт, что под действием красных лучей в негативной кинопленке ЛН-9 образуется не только голубой краситель, но отчасти и пурпурный.

Итак, первое необходимое требование точной передачи красного цветового тона должно заключаться в том, что свет, отраженный от красного объекта (или испускаемый красным объектом), должен регистрироваться только красночувствительным слоем.

Максимум отражательной способности у многих реальных красных объектов начинается около 600 нм.

Следовательно, граница зеленочувствительного слоя должна обрываться до 600 нм, чтобы зеленочувствительный слой не оказался проэкспонированным красными лучами.

Сам же максимум сенсибилизации зеленочувствительного слоя в данном вопросе не играет никакой роли. Его смещение влево-вправо никак не повлияет на цветовой тон красных объектов. Какое значение может иметь максимум сенсибилизации зеленочувствительного слоя для воспроизведения красных тонов, если этот слой красными лучами вообще не экспонируется?

С этой точки зрения являются ошибочными выводы, сделанные в статье «Исследование цветовоспроизведения в негативно-позитивном процессе с кинопленками ЛН-7, ЛН-8, ЦП-8р»[8] в той части, где говорится, что смещение максимума чувствительности зеленочувствительного слоя «с длин волн 540-600 нм на длины волн 510-570» улучшит цветопередачу красных тонов. Однако причину такого вывода понять можно. Дело в том, что в исследовании рассматриваются не реальные красные цве-

8 «Техника кино и телевидения», журн., 1984, № 11, с.12-18.

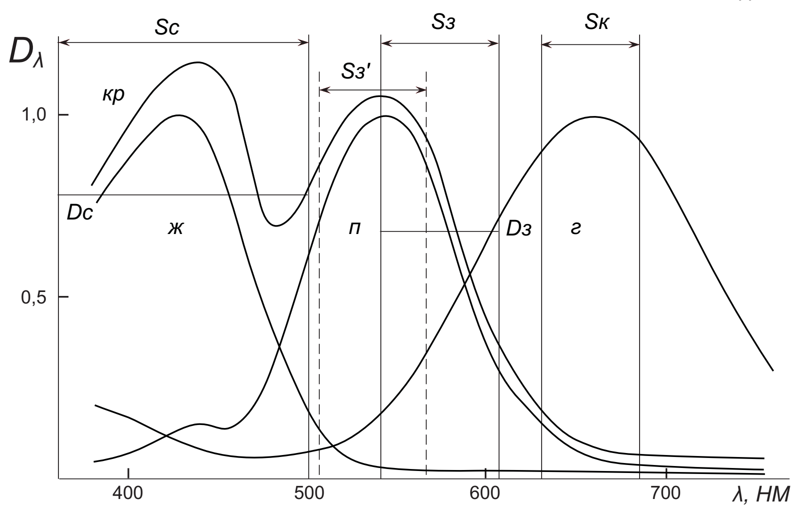


Рис 35. Кривые D∆ красителей пленки ЦП-8Р (ж - желтый, п - пурпурный, г - голубой, кр - метамерный красный цвет) и зоны спектральной чувствительности слоев пленки ЛН-9

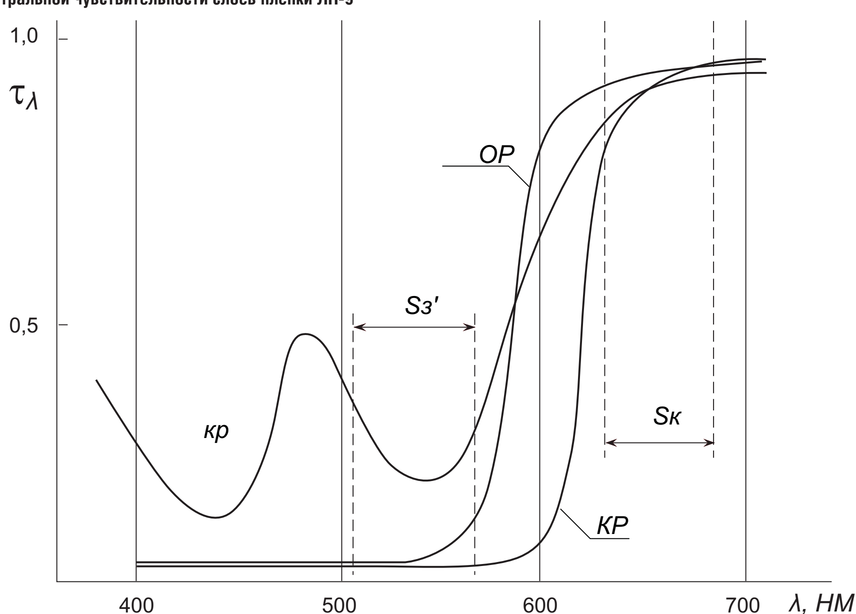


Рис 36. Кривые спектрального пропускания красного (КР) и оранжевого (ОР) светофильтров, метамерно красный цвет, составленный из красителей позитивной пленки (кр) и предлагаемое смещение зоны спектральной чувствительности зеленочувствительного слоя негативной кинопленки

та, а искусственно сымитированные из красителей позитивной пленки.

Так, красный цвет представляется сочетанием желтого и пурпурного красителей. В поглощении он выглядит так, как изображено на рис.35, а в пропускании так, как на рис.36.

А поскольку у такого красного цвета (рис.36, кр) подъем кривой начинается уже после 540-550 нм, то отсюда делается вывод, что максимум сенсибилизации зеленочувствительного слоя негативной кинопленки (Sз’) следует сместить к

максимуму поглощения пурпурного красителя — это 530-540 нм (рис.35), а зону сенсибилизации ограничить длиной волны 570 нм (Sз').

Но к чему это приведет на самом деле? К тому, что реальные оранжевые цвета станут ничем не отличимы от красных: в рекомендуемых зонах (510-570 нм для «зеленого» слоя и 630-690 нм для «красного» слоя) красный и оранжевый цвета имеют совершенно одинаковые коэффициенты отражения или, если речь идет об оранжевом (рис. 36, ОР) и красном (рис. 36, КР) светофильтрах, одинаковый коэффициент пропускания. Поэтому ограничение спектральной чувствительности среднего слоя приведет к ухудшению цветоразличия оранжево-красных тонов.

Как нельзя лучше это подтверждает анализ цветопередачи в системе цветной сканер — компьютер. Например, сканер «HP ScanJet IIc» совершенно не различает по цветовому тону оранжевый и красный светофильтры, спектральные кривые пропускания которых приведены на рис.36. На экране компьютера они выглядят одинаково красными (при любой яркости монитора).

Длинноволновая ветвь ортохроматического сенсибилизатора в кинопленке не должна обрываться на длине волны 560-570 нм, а должна плавно спускаться до 590-600 нм.

Использование желтых, пурпурных и голубых красителей вместо реальных объектов вызвано следующими соображениями. Любой объект, который мы снимаем, в конечном итоге на киноэкране будет воспроизведен только красителями позитивной пленки, и поэтому, по дубликационной теории Нюберга[9] , мы вправе заменить реальный объект специальным тест-объектом, состоящим из определенных концентраций желтого, пурпурного и голубого красителей позитивной кинопленки.

Однако это можно сделать только в том случае, если выполняется условие фотографической эквивалентности визуально тождественных излучений. Это условие может быть сформулировано в следующем виде: «излучения объекта съемки, тождественные по визуальному воздействию, независимо от их спектрального состава, должны быть эквивалентными и по фотографическому действию»[10].

«Для того чтобы все одинаковые по цвету излучения (реальные объекты и сымитированные — Л.К.), несмотря на различный спектральный состав, оказывали на светочувствительные фотографические приемники равное воздействие, необходимо, чтобы эти приемники обладали кривыми спектральной чувствительности, подобными кривым сложения»[11].

Мы заменяем реальный красный цвет (рис.36, линия кр) визуально ему подобным соотношением желтого и пурпурного красителей (метамерно красным цветом). Эта замена равнозначна визуально, но неравнозначна с точки зрения негативной кинопленки. Спектральная чувствительность кинопленки заметно отличается от спектральной чувствительности глаза (если за спектральную чувствительность глаза принимать опытным путем найденные кривые сложения)11.

Цвет, изображенный на рис. 35 (кр), с «точки зрения» цветной негативной кинопленки, т.е. с точки зрения зональной чувствительности кинопленки Sc и Sз будет оранжевым: зональная интегральная плотность Dс существенно выше зональной плотности Dз. Желтого красителя явно больше пурпурного. Это означает, что для проведения исследования красный цвет вообще не был взят. И поэтому вывод, сделанный в статье «Исследование цветовоспроизведения в негативно-позитивном процессе с кинопленками ЛН-7, ЛН-8, ЦП-8р» относится к тому, как оранжевый с точки зрения кинопленки цвет превратить в цвет с точки зрения кинопленки красный; но этот вывод никак не может быть применим к визуально красному цвету.

9 Нюберг Н.Д. Теоретические основы цветной репродукции, М., Советская Наука, 1948.
10 Артюшин Л.Ф. Основы воспроизведения цвета в фотографии, кино и полиграфии. М., Искусство, 1970, с.42.
11 там же

Итак, первым шагом на пути точного воспроизведения красного цвета объекта должно явиться выполнение следующего условия: длинноволновая ветвь ортохроматического сенсибилизатора в зеленочувствительном слое не должна заходить в красную зону спектра, а должна плавно спускаться, оканчиваясь примерно около 600 нм. Только в таком случае красные цвета не будут на стадии цветоделения превращаться в оранжевые, а оранжевые цвета — становиться красными.

Часть 2. Кинопленка не сдается

Красный цвет долго не сдавался, и как бы мы на «Свеме» с инженерами 17- го цеха ни маскировали голубой краситель и ни сокращали зону спектральной чувствительности среднего слоя, все равно в репродукции красный цвет получался оранжевым.

Тогда мы пошли «от обратного». Сначала добились в позитиве красного цвета, а затем промерили плотности негатива, которые обеспечили этот результат.

Сам эксперимент был довольно прост. Голубой краситель негатива (компонента 654, Г-2) вместе со спектрально неизбирательным серым полем печатался в копировальном аппарате контактным способом на цветной позитив. Были подобраны такие условия печати, при которых серое поле в позитиве визуально получалось чисто серым. Сравнение производилось с серым полем, полученном на черно-белой кинопленке. Затем, не меняя режима печати, вносились изменения в голубой краситель. Серое поле при этом оставалось тем же самым, а к голубому красителю негатива по очереди добавлялись различные по плотности сначала желтые фильтры (из набора субтрактивных фильтров на триацетатной основе) от очень слабого до среднего по плотности. После этого к голубому негативному красителю добавлялся ряд различных по плотности пурпурных фильтров. Таким образом, одновременно с серым полем на позитив печатались различные оттенки голубого красителя: от зеленоватого до синего.

Синеватый голубой краситель передался в позитиве совершенно оранжевым, чисто голубой также сохранял ощущение оранжевого цвета. И только добавление полоски 25%-ного желтого фильтра к голубому красителю смогло обеспечить выход холодного красного цвета в позитиве. Поскольку плотность этого жёлтого фильтра в синей зоне (статус «М» денситометра) составляет 0,08 Б, то это значит, что в реальном негативно-позитивном процессе именно на столько, на 0,08 Б в синей зоне, следует увеличить плотность голубого красителя.

Следует отметить, что маскирование голубого красителя в пленках ДС-5м и ЛН-9 приводит пока к результату, что его плотность в синей зоне всегда меньше, чем в зеленой. Нам же необходим голубой краситель, имеющий в синей зоне большую плотность, чем в зеленой.

Приняв во внимание полученные результаты, мы во всех поливах негативной кинопленки ДС-5 «РЕТРО» добавляли в голубой краситель немного желтой компоненты (см. рис. 37). Из-за этого на однослойных поливах негативный краситель казался не голубым, а бирюзовым.

Увеличение плотности голубого негативного красителя в синей зоне приводило к тому, что синие лучи от лампы кинокопировального аппарата задерживались в большей степени и поэтому оказывали на позитив несколько меньшее воздействие. В позитиве желтого красителя по отношению к пурпурному выходило меньше, и оранжевый оттенок в красных тонах исчезал.

Итак, в реальном негативно-позитивном процессе (ЛН-9 - ЦП-8р или ЛН-9 - РС-7) для точной передачи красного цвета недостаточно идеально отмаскировать голубой краситель негатива. В случае идеального маскирования красный цвет в репродукции все равно приобретет оранжевый оттенок: пурпурного красителя в

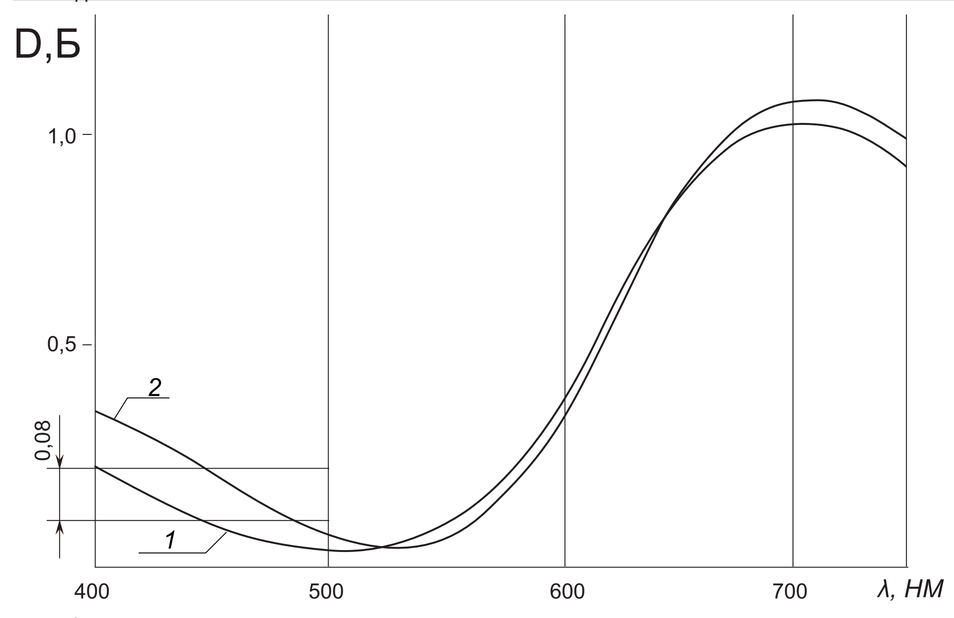


Рис 37. Спектральные кривые поглощения:
1 - чисто голубой краситель (компонента Г-2);
2 - голубой краситель с добавлением желтого (компонента Ж-8)

позитиве выйдет меньше, чем желтого. (О причинах неравного выхода красителей в позитиве см. часть 3 и часть 4)

Чтобы уменьшить выход желтого красителя в позитиве и тем самым сделать красный цвет более холодным, следует изменить голубой краситель негатива так, чтобы его плотность в синей зоне была бы где-то на 0,08 Б выше, чем в зеленой. Один из способов достижения такого результата — смешивание голубой негативной компоненты с небольшим количеством желтой. Только в этом случае на реальных отечественных материалах можно добиться точной по тону передачи красного цвета.

Часть 3. «Украденная» идея

Эту идею я вынашивал года три и любил ее за парадоксальность. Иногда, представив мысленно все преобразования, и убедившись, что они лежат на верном пути, я проговаривал сквозь зубы: «Ай да Коновалов, ай да сукин сын!».

Раза два или три я обращался к главному технологу «Свемы» с этим предложением: изменить красители в позитивной кинопленке. И каждый раз встречал резонный ответ о трудности данного дела; о том, что при массовом выпуске позитивной пленки изменение красителей позитива может повлечь большие дополнительные расходы.

Эту идею постигла участь всех благих идей: она так и осталась невостребованной. Возможно, что причина ее неприятия заключалась в том, что она не была изложена письменно, а всякие устные доводы, как известно, выглядят всегда несколько неубедительно. Надо было бы изготовить экспериментальный ролик цветной позитивной пленки на других красителях и апеллировать к полученным результатам, ведь всякое вещественное доказательство убедительнее любого устного эксперимента.

Но ничего сделано не было. Идею никто не проталкивал, и она, так и не запротоколированная, продолжала храниться где-то в уголке памяти, пока в один прекрасный день я не зашел на «Своме» к начальнику 8-го цеха и не увидел у него на столе то, что она, моя милая и парадоксальная, ненаглядная и любимая, она, моя неоткрытая Америка, лежала на столе и даже не глядела на меня. Это была сенситограмма кинопленки ЦП-12с, и рядом с ней лежала спектрограмма, на которой ясно были видны именно те красители, которые я мысленно представлял.

Финал размышлений был такой: чтобы улучшить цветопередачу красного цвета в изображении (то есть на позитивной пленке), в цветной позитивной кинопленке необходимо изменить голубой краситель.

Не правда ли, парадоксально: чтобы повлиять на красный цвет в позитиве, нужно в позитиве изменить не желтый и не пурпурный краситель, из которых состоит этот красный цвет, а именно голубой краситель. Вы, наверное, не оценили парадоксальности. Посмотрите: чтобы изменить цвет красного объекта в позитиве, нужно изменить голубой краситель, который в создании цвета красного объекта вообще не принимает участия. Мысль была на первый взгляд парадоксальна. Именно за это я ее любил. — Голубой краситель не должен быть голубым. Голубой краситель должен быть бирюзовым.

Снять покров парадоксальности с этого высказывания поможет схематическая диаграмма печати негативного изображения на позитив.

Возьмем идеально отмаскированную негативную кинопленку и рассмотрим, как печатаются на позитив два отснятых поля цветной шкалы: красное и серое. Возьмем случай, когда соотношение плотностей в негативе в точности соответствует соотношению яркостей объекта по трем зонам спектра. Серое поле имеет равные коэффициенты отражения во всех трех зонах (18%), в негативе это будут равные плотности в районе 0,6 Б (рис. 38, точки a,b,c). Красное поле имеет максимум отражения (около 70%) в красной зоне и небольшие, но равные коэффициенты отражения (5-6%) в синей и зеленой зонах. Соответственно этому распределятся зональные плотности красного поля в негативе (рис. 38, точки d,e,f).

Если рассматривать дальше процесс печати негативного изображения только одного красного поля в абстрактном виде, все получится как нельзя лучше, и никакого парадокса не обнаружится. Действительно, если представить, как свет от лампы копировального аппарата проходит через негатив и попадает на позитив, то голубой краситель позитива здесь вовсе ни при чем: негативное изображение красного поля в равной степени задерживает синие и зеленые лучи от лампы кинокопировального аппарата, поскольку плотность в синей и зеленой зоне одинакова (точки d и e). Эти лучи, проходя через негатив, вызывают в позитиве равные количества желтого и пурпурного красителей, что в принципе должно в позитиве восприниматься как чисто красный цвет. Голубой краситель позитива практически не задействован, ведь поток красных лучей от лампы копираппарата почти весь будет задержан высокой плотностью красного поля в негативе в красной зоне (точка f). Да если и выйдет немного голубого красителя в позитиве под действием тех лучей, которые всетаки пробьются через негатив, то это вызовет небольшое загрязнение красного цвета — снижение насыщенности, но никак не изменение цветового тона.

А вот дальше и начинается парадокс, точнее, его разгадка. У нас есть еще серое поле, о котором мы совсем забыли. Ведь серое поле в позитиве должно быть серым, и его плотность должна быть в районе 0,8-1,1 Б (в изображении на цветном кинопозитиве обычно рекомендуется держать плотность 18%-ного серого поля плотностью около D=1,0). Световой поток, прошедший через негативное изображение серого поля (точки a,b,c), должен вызвать такой выход желтого, пурпурного и голубого красителей в позитиве, которые в сумме создадут плотность



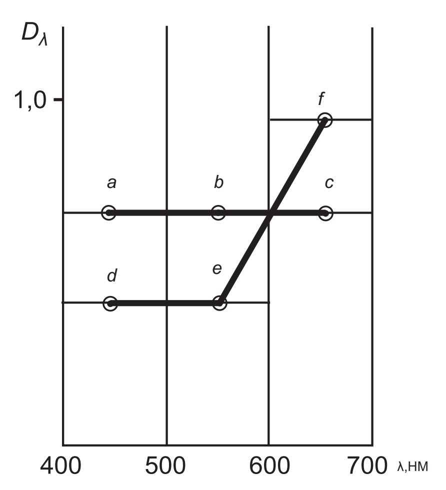


Рис 38. Зональное распределение плотностей в негативе: a,b,c - плотности серого поля; d,e,f - плотности красного поля

1,0 - 1,0 - 1,0 (по синей, зеленой и красной зонам). Три световых потока, идущие от лампы аддитивного копираппарата должны быть количественно одинаковыми, чтобы одинаково проэкспонировать все три слоя позитивной кинопленки, и тем самым вызвать одинаковый выход позитивных красителей. Но позитивные красители не идеальны, их кривые поглощения заходят в соседние зоны спектра, привнося тем самым дополнительные плотности. Например, голубой краситель, который используется в кинопленке ЦП-8р (компонента 546) имеет плотности 0,21- 0,66 - 2,00 (соответственно с-з-к).

Чтобы получить в итоге чисто серый цвет, нам необходимо взять неравные количества позитивных красителей: одного красителя больше, другого меньше.

Реальный голубой краситель можно представить в виде идеального голубого, к которому прибавлено немного серого и немного пурпурного красителя. Поскольку реальный голубой краситель несет в себе дополнительно часть пурпура, то для получения серого цвета необходимо взять самого пурпурного красителя меньше, ведь часть пурпура уже содержится в голубом красителе. Кроме того небольшая часть пурпура есть и в желтом красителе.

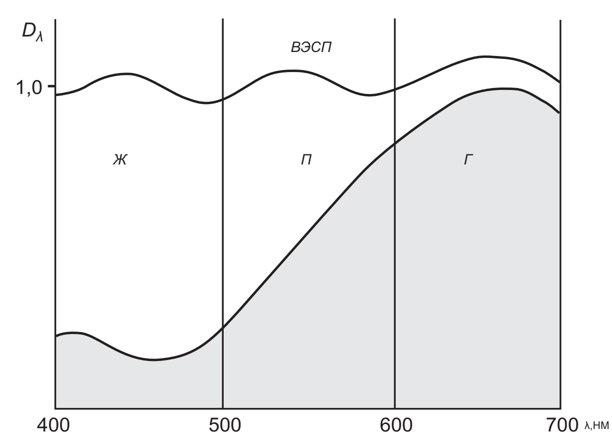


Рис 39. Вклад голубого красителя в визуально эквивалентное серое поле позитива

Серый цвет в позитиве (визуально-эквивалентное серое поле, ВЭСП) будет образован из красителей следующим образом — рис.39.

Реального пурпурного красителя требуется меньше, чем двух других красителей, чтобы «собрать» визуально серое поле. При этом выход голубого красителя в позитиве зависит только от количества красных лучей, прошедших через негатив на позитив, а количество пурпурного красителя в позитиве однозначно определяется только количеством прошедших зеленых лучей. Для получения серого цвета негатив необходимо осветить таким образом, чтобы через равные плотности серого поля проходило бы меньше зеленых лучей, чтобы вызвать в позитиве (согласно приведенному рисунку) меньшее количество пурпурного красителя.

Что же получается? Добиваясь, чтобы серое поле цветной шкалы выглядело в позитиве серым, мы вынуждены освещать негатив таким светом, в котором зеленых лучей меньше, чем синих и красных. И поскольку таким светом мы освещаем весь негатив, точно такое же соотношение световых потоков, будет действовать на изображение находящегося рядом в негативе красного поля.

Зеленых лучей через негатив проходит меньше, следовательно, в позитиве меньше выходит пурпурного красителя. Меньше, чем желтого. Добившись в позитиве серого цвета для серой шкалы, мы превратим красное поле в оранжевое. Чем больше в голубом красителе позитива будет присутствовать пурпура, тем сильнее цветовой тон красного поля будет смещаться в репродукции в желто-оранжевую сторону.

Из имеющихся голубых компонент самой неудовлетворительной является компонента 686, ее зональные плотности 0,10 - 0,33 - 1,00 Б (промеры соответственно за синим, зеленым и красным фильтром статуса «А» денситометра); используемая сейчас в ЦП-8р компонента 546 мало чем лучше ее (0,15 - 0,30 - 1,00); лишь компонента 654, бирюзового цвета (0,13 - 0,13 - 1,00), может обеспечить наиболее правильное воспроизведение цветового тона одновременно серой шкалы и красных цветов.

Дело в том, что бирюзовый краситель имеет одинаковые «вредные» поглощения в синей и зеленой зонах, в то время как голубой краситель, который сейчас используется повсеместно в позитивных материалах, менее удовлетворяет условию идеальных красителей Гюбля.

Из-за того, что голубой краситель в кинопленке ЦП-8р слишком синего цвета, мы не можем получить в репродукции серую шкалу серой и красный цвет оригинала красным. Если серая шкала на позитивной пленке напечатана как серая, красное выглядит оранжевым.

Итак, мы видим, что точное воспроизведение красного цвета зависит не только от цветоделения в негативной части процесса репродуцирования (стадия анализа), но зависит также и от стадии синтеза — позитивной части процесса.

Необходимо, чтобы позитивный голубой краситель имел примерно равные эффективные плотности в синей и зеленой зонах спектра, следовательно, визуально выглядел бы не синим, а бирюзовым.

Новая цветная позитивная кинопленка Кодак 5386, отличается от предыдущей, Кодака 5384 тем, что в ней несколько изменен голубой краситель. Спектральная кривая поглощения нового голубого красителя выглядит несколько смещенной в длинноволновую область.

В обсуждении этого вопроса, спектрального поглощения красителя, некоторыми нашими специалистами неверно ставится акцент. Внимание в основном обращается на то, что максимум поглощения красителя уходит «зачем-то в инфракрасную зону», где мы ничего не видим. И без внимания остается другая сторона вопроса — что этот сдвиг по спектру приводит к уменьшению нежелательного поглощения красителя в зеленой зоне спектра (см., например, рис.18 на стр. 37).



Это означает, что голубой краситель становится визуально менее синим, более бирюзовым. Освобождая большую площадь в зеленой зоне спектра пурпурному красителю, создается возможность большего выхода пурпурного красителя как при образовании серого поля, так и при формировании красного цвета в позитиве. Вследствие этого на позитивных кинопленках «Кодак» мы можем получить более естественный по тону красный цвет, а, например, на позитивной кинопленке ЦП-8р («Свема») добиться подобного эффекта невозможно — голубой краситель в этой кинопленке (он почти совсем синий) слишком «загрязнен» в зеленой зоне спектра — из-за этого красный цвет по тону передается более оранжевым.

КАК БАЛАНСИРУЮТСЯ ПЛЕНКИ НА «ЛН» И «ДС» С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕХНОЛОГА

Я собирался в продолжении статьи о маскировании («Венские кружева») на основе сравнения кинопленок ЛН-9 и ДС-5м показать, что маскирование в пленке ДС-5м наполовину является фикцией, однако без предварительного обсуждения проблем, возникающих при балансировании пленок под дневной свет и лампы накаливания это оказалось сделать невозможным.

Вследствие этого в данной статье появилась информация о способах балансирования сначала немаскированной пленки ДС-4 (под дневной свет), а затем и маскированных ЛН-8, ЛН-9. О ДС-5м разговор заходит уже к концу статьи.

* * *

Как известно, свет ламп накаливания отличается от дневного света соотношением количества излучения синих и красных лучей.

Если принять за точку сравнения мощность излучения в красной зоне спектра, то можно сказать, что в излучении лампы накаливания с цветовой температурой 3200 K синих лучей примерно в 4 раза меньше, а зеленых — меньше в 2 раза, чем в дневном свете с цветовой температурой 5500 K (рисунок 40).

Соответственно этому соотношению пленка, сбалансированная на дневной свет, должна иметь светочувствительность, одинаковую во всех трех зонах спектра, а пленка типа ЛН, ввиду недостатка синих лучей в спектре излучения ламп накаливания, — иметь в абсолютном значении чувствительность в синей зоне в 4 раза выше, чем у пленки, сбалансированной на дневной свет. Чувствительность в зеленой зоне должна быть соответственно больше в 2 раза. По отношению к равноэнергетическому белому свету это можно изобразить так (рис. 41):

Начнем сначала конструировать пленку типа ДС-4 и посмотрим, с какими проблемами мы столкнемся. Эта фотопленка, которая до недавнего времени продавалась во всех фотомагазинах, является немаскированной, не имеет полуслоев, и поэтому не столь сложна (конечно, относительно) в строении.

Итак, нам нужно получить в готовой пленке три слоя одинаковой светочувствительности. Возьмем для всех трех слоев один и тот же тип эмульсии, одной и той же партии и потому одинаковой светочувствительности.

Первое, что мы должны учесть при расчете пленки, это тот факт, что слои наносятся один поверх другого, и поэтому нижний слой при экспонировании заведомо получит меньше света и будет иметь наименьшую светочувствительность.

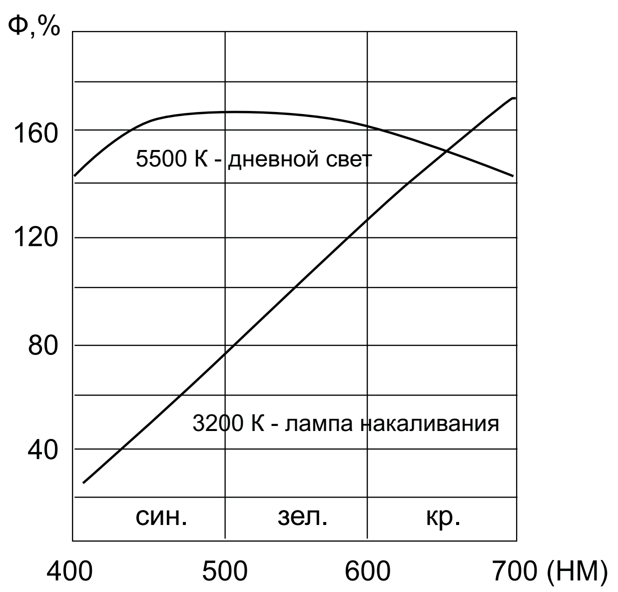


Рис 40. Спектральные кривые излучения абсолютно черного тела при 3200 К и 5500 К

S_λ
240
200
160
120
80
40
350 400 450 500 550 600 650 700
λ, НМ

Рис 41. Спектральная чувствительность слоев цветной негативной кинопленки по отношению к равноэнергетическому белому свету: (усл. схема) ЛН — сплошная кривая; ДС — пунктирная линия

Обычно эмульсионный слой толщиною в 4-5 микрон уменьшает количество проходящего через него света таким образом, что нижележащий слой оказывается по чувствительности в 1,4-1,7 раза меньше вышележащего.

Это в том случае, если два слоя равноценны. Но в пленке они не совсем равноценны, поскольку верхний слой должен быть синечувствительным, а следующий за ним - зеленочувствительным. В средний слой для придания чувствительности к зеленым лучам вводится ортохроматический сенсибилизатор. За счет введения сенсибилизатора у эмульсии появляется дополнительная светочувствительность в зеленой зоне спектра и общая чувствительность возрастает примерно в 2 раза.

Теперь средний слой по чувствительности оказывается выше несенсибилизированного верхнего слоя. Однако мы не учли, что перед зеленочувствительным слоем находится желтый фильтровый слой; он частично гасит поток синих лучей, которые могут достичь поверхности зеленочувствительного слоя. Гашение происходит лишь частичное, желтый фильтровый слой в ДС-4 имеет сравнительно невысокую плотность (примерно 1/3 синих лучей все же проходит).

Приняв во внимание все эти факторы, мы увидим, что сине- и зеленочувствительный слои уравнялись по чувствительности. И теперь осталось разрешить проблемы лишь красночувствительного слоя. Учтя влияние желтого фильтрового слоя и то, что красночувствительный слой расположен в самом низу, следует ожидать много трудностей с подъемом чувствительности этого слоя до необходимого уровня, ведь света туда доходит меньше всего. Но тут на помощь приходит одна закономерность сенсибилизации материалов: чем длиннее волна, к которой необходимо очувствить эмульсию, тем эффективнее может быть сенсибилизатор. И хотя к этому закону можно найти приличное количество исключений, в общих чертах в пределах лучей видимого спектра он выполняется (см. табл. 26).

Введения панхроматического сенсибилизатора с максимумом кривой фотоактиничного потока около 660-665 нм оказывается достаточно, чтобы этот слой догнал по чувствительности два других вышележащих.

Таблица 26. Влияние максимума сенсибилизации панхроматического сенсибилизатора на добавочную чувствительность в красной зоне для среднечувствительной эмульсии

Используемый панхроматический сенсибилизатор	Ориентировочный максимум сенсибилизации	Светочувствительность в красной зоне
4012	635	45
3554	660	70
3912	680	90

Вот в общих чертах способ балансирования по светочувствительности трех слоев немаскированного кинофотоматериала под дневной свет. Он несколько отличается от способа балансирования светочувствительных слоев под лампы накаливания.

Изготавливая пленку типа ЛН-8 (то есть маскированную, но без полуслоев), мы должны изменить соотношение светочувствительностей слоев таким образом, чтобы синечувствительный слой в абсолютном значении (относительно равноэнергетического белого света) был самым высоким, зеленочувствительный слой - ниже по чувствительности в 2 раза, а красночувствительный слой - в 4 раза ниже синечувствительного. Но, как ни покажется это странным, опять для всех трех слоев берется тот же тип эмульсии одинаковой светочувствительности. И в этом имеется определенный резон: одинаковая эмульсия обеспечивает стабильность и повторяемость результатов, поскольку во всех трех слоях одна и та же эмульсия

ведет себя одинаково. И если, например, сваренная эмульсия оказалась меньшей чувствительности, то уменьшение чувствительности сразу произойдет во всех трех слоях, и это не повлияет на баланс слоев по чувствительности.

Правда, следует добавить, что в каждом слое применяется не один тип эмульсии, а, как правило, два. Будь то пленка ДС-4, ДС-5м или ЛН-8 (все они состоят из трех основных слоев), в каждом слое обязательно смешаны два типа эмульсий: высокочувствительная и малочувствительная, примерно в соотношении 70% к 30% (или 80% к 20%).

Малочувствительная эмульсия, которая примерно раза в 3-4 уступает по чувствительности основной эмульсии, достраивает прямолинейный участок в верхней части характеристической кривой. Без этой добавки характеристическая кривая одной высокочувствительной эмульсии не достигла бы высоких плотностей, загнулась бы слишком рано, и своим внешним видом напоминала бы характеристические кривые, которые обычно приводят в книгах начала XX века.

Если бы пленка ЛН-8 была сделана по принципу ДС-4, то мы получили бы три слоя равной чувствительности при дневном свете, а проэкспонировав эту пленку на сенситометре при лампах накаливания, где много красных лучей (по сравнению с синими), получили бы в красночувствительном слое большую плотность. Красночувствительный слой оказался бы самым высокочувствительным, а синечувствительный — самым низким. Зеленочувствительный слой по значению чувствительности — где-то посередине.

Поскольку у нас нет простого способа повышения чувствительности «синего» слоя в 4 раза, чтобы догнать красночувствительный, то главная задача теперь состоит в том, чтобы снизить чувствительность двух нижележащих слоев. Отчасти это можно сделать с помощью стабилизатора СТА-47, подавляющего центры светочувствительности.

Таблица 27. Влияние стабилизатора СТА-47 на светочувствительность для среднечувствительной эмульсии

Количество стабилизатора СТА-47 на 1 кг эмульсии	Светочувствительность однослойного образца
–	72
10 мл (0,1 % р-ра)	55
30 мл (0,1 % р-ра)	2

Даже небольшие концентрации этого вещества оказывают существенное влияние. Однако СТА-47 может легко диффундировать в соседние слои и оказывать нежелательный эффект на всю пленку. И хотя возможность использования СТА-47 в технологическом регламенте предусмотрена, ею пользуются очень редко.

Как правило, никаких специальных усилий по снижению чувствительности нижнего слоя не предпринимается, как ни покажется это странным. Весь процесс сведения чувствительностей к одному значению происходит «автоматически» — при введении в слой маскирующей компоненты.

В средний слой кинопленки вводится желтая маскирующая компонента 187-М. Поскольку она желтого цвета, то и весь слой оказывается окрашенным в интенсивный желтый цвет. Этот цвет препятствует проникновению синих лучей не только в расположенный ниже красночувствительный слой, но отчасти и в сам зеленочувствительный слой. То есть желтая окрашенная компонента с одной стороны выступает как маскирующая компонента, а с другой стороны — как прекрасный желтый фильтр. Причем эффективность этой прокраски равносильна дополнительному желтому фильтру. Поэтому экспонируя маскированную кинопленку через узкозональный синий фильтр, мы, в принципе, добиваемся того, что экс-

понируется только один верхний, синечувствительный слой. Благодаря этому на маскированных кинопленках стало возможным качественное выполнение комбинированных съемок методом «синего экрана» — можно получить весьма качественное сепарирование цвета.

Если же через узкозональный синий фильтр проэкспонировать немаскированную фотопленку ДС-4, то синие лучи легко проникнут не только в зеленочувствительный, но и в красночувствительный слой, и вместо чистого желтого красителя на пленке появится буро-коричневое (грязно-желтое) изображение, что давно замечено многими фотолюбителями.

Желтая маскирующая компонента отсекает все синие лучи, которые смогли пройти через желтый фильтровый слой, поэтому синечувствительная часть зеленочувствительного слоя будет полностью отключена[12]. Из двух зон чувствительности, собственной (за счет бромистого серебра) и дополнительной (за счет сенсибилизатора), рабочей остается только одна зона. Это, естественно, приводит к общему уменьшению светочувствительности среднего слоя.

Если светочувствительность среднего слоя для баланса под лампы накаливания необходимо уменьшить где-то раза в 2, то светочувствительность нижнего слоя предстоит снизить в 4 раза.

Существенное падение чувствительности происходит при введении в нижний слой оранжево окрашенной маскирующей компоненты Н-400. Эта компонента обладает сильным десенсибилизирующим свойством, что видно из таблицы 27.

Таблица 27. Влияние маскирующей компоненты Н-400 на светочувстви-тельность для среднечувствительной эмульсии

Количество компоненты Н-400 на 1 кг эмульсии	Светочувствительность однослойного образца в красной зоне
–	160
60 мл (3 % р-ра)	90
120 мл (3 % р-ра)	58
180 мл (3 % р-ра)	25

Итак, часть избыточной светочувствительности «красного» слоя пленки ЛН убирается за счет того, что этот слой расположен под двумя слоями (правда, здесь нельзя чисто механически перемножить степень поглощения одного вышележащего слоя на другой) это во-первых. Во-вторых, часть светочувствительности гасится за счет десенсибилизирующего влияния маскирующей компоненты. И в-третьих, есть еще один рычаг управления светочувствительностью: количество сенсибилизирующего вещества. В пленку ДС-5м, в нижний слой, вводится 200 мл спиртового раствора панхроматического сенсибилизатора 3554 концентрацией 0,05% (из расчета на 1 кг эмульсии), а в пленку ЛН-8 — 130 мл того же сенсибилизатора концентрацией 0,035%, то есть, в пересчете на сухое вещество, — в 2 с лишним раза меньше. Таким образом, изменяя количество сенсибилизирующего вещества, можно в каких-то, не столь широких пределах, влиять на чувствительность в данной зоне спектра.

Количество маскирующей компоненты 80 г/л, указанное в рецептуре нижнего слоя пленки ЛН-8, не является результатом каких-либо теоретических выкладок. Это количество выбрано разработчиками пленок именно для того, чтобы снизить чувствительность нижнего слоя до необходимого уровня. На самом деле маскирующая компонента должна быть не та и вообще другого цвета. Как было показано в статье о недомаскировании («Не рубите с плеча»-2), введение оранжевой мас-

12 Только при очень большой экспозиции наступает так называемый «пробой».

кирующей компоненты Н-400 не привело к улучшению цветопередачи красных тонов, наоборот — только ухудшило.

В том, что количество компоненты выбрано исключительно из соображений изменений чувствительности слоя, а не степени маскирования голубого красителя (для улучшения цветопередачи), как нельзя лучше подтверждает кинопленка ДС-5м. В кино-пленке ДС-5м, так же, как и в пленках ЛН-8 и ЛН-9, в нижнем, красночувствительном слое образовывается один и тот же голубой краситель — из компоненты 654. И логично предположить, что если каким-то образом была обоснована необходимость использования в пленке именно оранжевой маскирующей компоненты Н-400, то эта маскирующая компонента должна применяться во всех пленках, где используется голубая компонента 654 (Г-2). Однако в ЛН-8 и ЛН-9 маскирующая компонента Н-400 применяется (в отношении кинопленки ЛН-8 вернее сказать «применялась», поскольку ЛН-8 с 1989 года не производится), а в пленку ДС-5м ее даже и не пытались вводить. Ведь ее введение в ДС-5м потребует увеличения светочувствительности первоначальной несенсибилизированной эмульсии в 4-4,5 раза. Только в этом случае можно добиться того, что пленка будет сбалансирована на дневной свет и в то же время голубой краситель пленки окажется маскирован. Если в верхнем слое используется эмульсия со средней светочувствительностью около 50 единиц, то в нижний слой должна быть введена эмульсия с чувствительностью 200-220 единиц в красном слое, поскольку раза в два чувствительность в красной зоне тут же уменьшит маскирующая компонента и еще часть света задержится вышележащими слоями.

Эмульсия (рассчитанная. на работу с контрастами 0,5-0,6) светочувствительностью 200-220 единиц имеет весьма крупное зерно. К тому же введение другого типа эмульсии с другой чувствительностью делает пленку менее управляемой в вопросе баланса по чувствительности всех слоев.

Можно, конечно, ввести в слой не более 10-15 мл маскирую-щей компоненты (поскольку большее количество уже заметно повлияет на светочувствительность слоя), но это количество на фоне, например, 120 мл Н-400 в дубль-позитивной пленке КП-Ш будет выглядеть пародией на маскирование. Поэтому выход — как ввести маскирующую компоненту, не вводя ее — был найден довольно просто. (Прошу прощения у разработчиков, если этот путь на самом деле был тернист и долог.) Взглянув на проявленную пленку ДС-5м, вы с трудом обнаружите следы оранжевой маскирующей компоненты. У маски кинопленки ДС-5м практически чисто желтый цвет. А это — окраска лишь желтой маскирующей компоненты в среднем слое. Но если посмотреть в рецептуру ДС-5м, то можно увидеть, что маскирующая компонента в нижний слой вводится. Целых 60 мл! Но не Н-400, а 152-М.

152-М действительно маскирующая компонента. Она также разрушается по мере образования голубого красителя и так же, как и другая маскирующая компонента Н-400, «отдав» окраску, становится голубым красителем. Однако такое маскирование малоэффективно, и вклад в общий цвет маски весьма незначителен. Влияние на чувствительность не существенно.

Этот набор неточностей маскирования (когда маскирующая компонента вводится в нижний слой не столько для улучшения спектральных характеристик красителя, сколько для того, чтобы «сбить» чувствительность, ухудшив при этом сам краситель) устранен в фотопленке ДС-100, которую в небольших количествах выпускает «Свема». В нижнем слое используется окрашенная в розовый цвет маскирующая компонента Н-616. Обладая большей эффективностью маскирования, чем Н-400 или 152-М, она, вместе с тем, оказывает значительно меньшее влияние на светочувствительность слоя (не обладает столь сильным десенсибилизирующим эффектом), что делает ее приемлемой как для пленок ДС, так и ЛН. Наконец, через 30 лет рассуждений появилась такая маскирующая компонента,



которая работает в тех зонах, где нужно и именно так, как это нужно. Другими словами, мы наконец отыскали нужную маскирующую компоненту для голубого красителя. Компоненту, которую вот уже много-много лет используют наши коллеги за рубежом во всех своих негативных и контратипных пленках.

ПОД КАКУЮ ЦВЕТОВУЮ ТЕМПЕРАТУРУ СБАЛАНСИРОВАНЫ КИНОПЛЕНКИ ТИПА «ЛН» ?

Стремление разделить пленки на типы «ДС» и «ЛН» вполне закономерно и понятно — съемка чаще всего осуществляется либо при дневном свете (с цветовой температурой около 5500 K), либо при свете ламп накаливания (с цветовой температурой около 3200 K). Соответственно под эти цветовые температуры и балансируют пленки. Однако изготовителям не всегда удается точно выдержать необходимый светочувствительности слоев, в результате чего кинопленка оказывается разбалансированной при заданной цветовой температуре, а значит, сбалансированной под какую-то другую цветовую температуру, которая может существенно отличаться от той, к которой стремились.

Что же все-таки означает, что цветная негативная кинопленка сбалансирована, например, под цветовую температуру 3200 K? Это означает, что соотношение светочувствительностей кинопленки по трем слоям обратно пропорционально соотношению потоков излучений источника света по трем зонам (свет, излучаемый при такой цветовой температуре, является для пленки балансным, т. е. «белым»). Если в излучении мало синих лучей, как в излучении лампы накаливания, то, чтобы быть сбалансировнной под цветовую температуру лампы накаливания, кинопленка должна иметь в абсолютном значении высокую светочувствительность синечувствительного слоя. И, соответственно, иметь малую светочувствительность красночувствительного слоя, поскольку красных лучей в излучении лампы накаливания как раз много. Проведя сенситометрические испытания такой пленки при 3200 K, мы получим у пленки три равные светочувствительности, например, 100 - 100 - 100 единиц ГОСТ (соответственно по синему, зеленому и красному слоям), поскольку избыточная светочувствительность синего слоя во время экспонирования будет компенсирована недостатком синих лучей в излучении лампы накаливания.

Если же сенситограмму при цветовой температурой 3200K впечатать в пленку ДС-5м, то синий слой этой пленки «ДС» окажется сильно недоэкспонированным, так как в излучении лампы накаливания мало синих лучей (по сравнению с дневным светом).

Недоэкспонированный синий слой и высокая светочувствительность красночувствительного слоя являются верным признаком того, что кинопленка в действительности сбалансирована под более высокую цветовую температуру, чем та, при которой проводились сенситометрические испытания.

И если вдруг попадется такая ось пленки типа «ЛН», у которой во время сенситометрического испытания при цветовой температуре 3200 K синий слой оказался сильно недоэкспонированным, а красный слой — переэкспонированным, то такая пленка сбалансирована практически под дневной свет.

Если, впечатав в кинопленку типа «ЛН» сенситограмму при цветовой температуре 3200 K, мы получаем соотношение светочувствительностей 25 — 50 — 100 ед. ГОСТ (соответственно по с-з-к слоям), то у нас есть все основания утверждать, что эта пленка сбалансирована под цветовую температуру не 3200 K, а 5500 K. Светочувствительность по «красному» (т.е. по красночувствительному) слою в 4

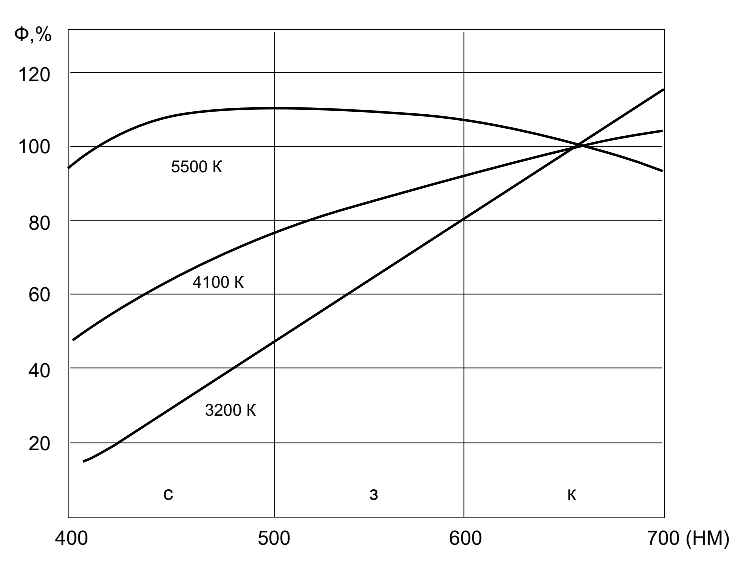


Рис 42. Спектральные кривые излучения источников с разными цветовыми температурами: 1 - 3200 К (лампа накаливания); 2 - 4100 К; 3 - 5500 К (дневной свет)

раза выше, чем светочувствительность по «синему» (т.е. синечувствительному) слою. А именно таким соотношением отличается дневной свет от излучения ламп накаливания.

Поэтому когда светочувствительность «синего» слоя пленки типа «ЛН» в 4 раза меньше, а чувствительность «зеленого» меньше в 2 раза, чем чувствительность «красного» слоя, можно утверждать, что данная кинопленка сбалансирована точно на 5500 К, и с ней следует обращаться на натуре как с пленкой типа «ДС», т.е. при съемке не ставить никакого оранжевого компенсационного фильтра, который был бы необходим для пленки типа «ЛН».

Соотношение мощностей излучений по трем основным зонам (с-з-к) спектра для любой цветовой температуры точно определено. Цветовая температура 4100 К отличается от цветовой тем-пературы 3200 К тем, что мощность излучения в синей зоне при 4100 К в 2 раза больше мощности излучения в красной зоне, а в зеленой зоне это соотношение около 1,4. И под цветовую температуру 4100 К окажется сбалансированной такая кинопленка типа «ЛН», у которой при сенситометрических испытаниях получилось следующее соотношение светочувствительностей: 1 - 1,4 - 2, на-пример, 50 - 70 - 100 ед. (соответственно для с - з - к слоев).

Если сравнивать излучения относительно мощности в красной зоне, то по мере повышения цветовой температуры мощность излучения в зеленой зоне постоянно, с определенной скоростью нарастает; постоянный прирост с повышением цветовой температуры наблюдается и в синей зоне, причем скорость прироста здесь почти в два раза больше, чем в зеленой.

Поскольку соотношение мощностей излучений абсолютно черного тела по зонам для любой цветовой температуры давно определено и внесено во всевозможные справочники, то становится элементарно просто пересчитать, какие соответственно светочувствительности должна иметь кинопленка типа «ЛН», чтобы быть сбалансированной под ту или иную цветовую температуру, отличную от цветовой температуры 3200 К. Приняв за отправную точку светочувствительность по «красному» слою за 100 ед. ГОСТ, получим соотношения (значения округлены), представленные в таблице 28.

Рассмотрим пленку типа «ЛН», соотношение светочувствительностей которой 50 - 50 - 100 ед. ГОСТ. Эта пленка никак не укладывается в вышеприведенные соотношения: для того, чтобы быть сбалансированной под цветовую температуру 4100 К, светочувствительность по «зеленому» слою должна быть выше (50 - 70 - 100 ед. ГОСТ), а для того чтобы быть сбалансированной под цветовую температуру 5500 К, светочувствительность по «синему» слою должна быть ниже (25 - 50 - 100 ед. ГОСТ). Не укладывается такая пленка ни в какое другое соотношение светочувствительностей для иных цветовых температур. Эту пленку нельзя признать сбалансированной ни под цветовые температуры 4100 К и 5500 К, ни под промежуточную цветовую температуру, ни тем более под 3200 К.

Таблица 28. Соотношение светочувствительностей кинопленки типа «ЛН» по слоям и соответствующая этому соотношению цветовая температура

Соотношение S, отн.ед.	Соотношение S, ед. ГОСТ	Балансная Тцв, К
1,5 - 1,2 - 1	150 - 120 - 100	2800 К
1,0 - 1,0 - 1	100 - 100 - 100	3200 К
0,7 - 0,8 - 1	70 - 85 - 100	3700 К
0,5 - 0,7 - 1	50 - 70 - 100	4100 К
0,35 - 0,6 - 1	35 - 60 - 100	4700 К
0,25 - 0,5 - 1	25 - 50 - 100	5500 К
0,2 - 0,4 - 1	20 - 40 - 100	6800 К

Другими словами, соотношение светочувствительностей не подходит ни под какую цветовую температуру. Набор цветовых температур оказался неспособен охарактеризовать эту пленку. Поэтому, говоря о точке баланса пленки, следует воспользоваться не шкалой цветовых температур, а графиком цветового охвата, на котором линия цветовых температур (линия излучения абсолютно черного тела) занимает только вертикальную линию и охватывает цвета лишь от оранжевого до синего, с белым светом посередине. Синему цвету соответствует высокая цветовая температура, а оранжевому — низкая цветовая температура (рис. 43).

На периферии рис. 43 на окружности находятся все основные цвета: синие, голубые, зеленые, желтые, красные, пурпурные, фиолетовые. Из точки цветовой температуры 3200 К исходят три оси: Sс/Sмин, Sз/Sмин, Sк/Sмин. Отложив соответствующие коэффициенты, полученные при делении светочувствительностей, и проведя линии, параллельные соответствующим осям, получим точку баланса кинопленки на графике цветового охвата.

Для пленки типа «ЛН» с соотношением светочувствительностей 50 - 70 - 100 ед. ГОСТ имеем два коэффициента:

Sз/Sмин = 70/50 = 1,4,

Sк/Sмин = 100/50 = 2.

Третий коэффициент Sс/Sмин равен единице, он превращается в точку в центре координатных осей и поэтому в дальнейших построениях не участвует.

Как видно из рис. 43, точка баланса кинопленки оказывается вблизи 4100 К (пленка № 1 на рис. 43).

А вот для кинопленки типа «ЛН», имеющей соотношение светочувствительностей 50 - 50 - 100 ед. ГОСТ, точка баланса не попадает на линию цветовых температур, а находится правее ее (пленка № 2 на рис. 43). Поэтому ни один из компенсационных светофильтров (из набора синих или оранжевых), служащих

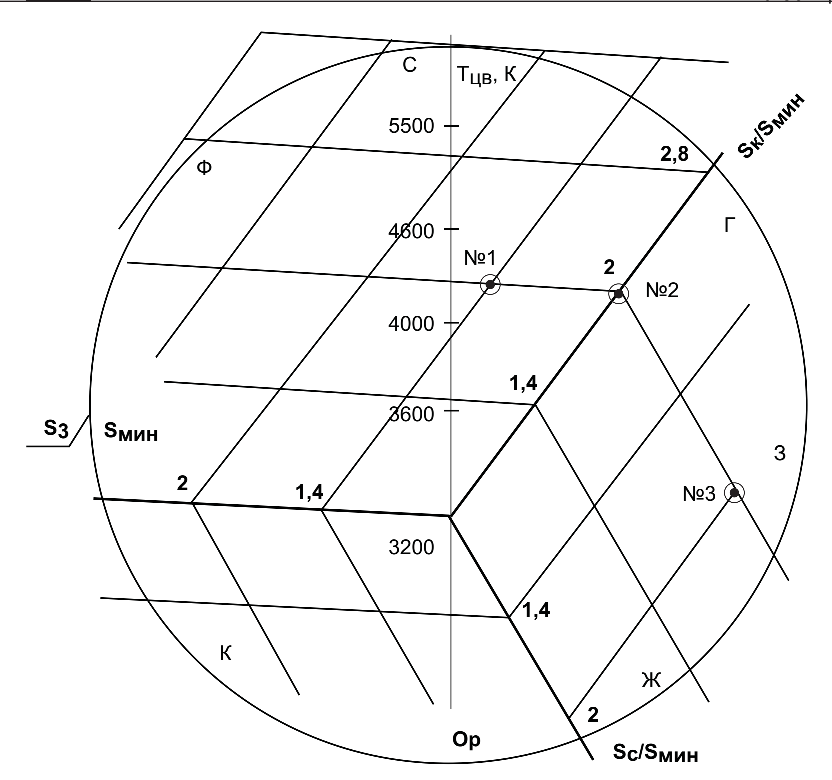


Рис 43. Три разбалансированные по светочувствительности кинопленки на графике цветового охвата:
с, г, з, ж, о, к, п, ф — соответственно синий, голубой, зеленый, желтый, оранжевый, красный, пурпурный и фиолетовый цвета

для повышения или понижения цветовой температуры, не сможет уравнять все три слоя по светочувствительности.

Для кинопленки с соотношением светочувствительностей 100 - 50 - 100 ед. ГОСТ точка баланса окажется на одном уровне с цветовой температурой 3200 К, но значительно смещенной вправо (пленка № 3 на рис. 43). Излучение, которое имеет цветовую температуру 3200 К, балансным для такой пленки являться не будет. Не будет балансным и излучение более холодное — синее (с высокой цветовой температурой) или более теплое — оранжевое (с низкой цветовой температурой). И только зеленоватое излучение окажется балансным, «белым» для такой пленки.

Под какую же цветовую температуру сбалансирована эта, последняя, кинопленка? Под цветовую температуру выше или ниже 3200 К? Вопрос столь же некорректен, как и вопрос: каким цветом является зеленый — оттенком синего или оттенком оранжевого? Смешением разного количества оранжевого и синего цвета невозможно получить зеленый цвет; невозможно получить и массу других цветовых оттенков: желтых, пурпурных, фиолетовых, голубых и пр.. Понятие «цветовая температура» слишком узко, чтобы определять им точки баланса разных цветных кинопленок на графике цветового охвата. Но можно ли сказать, что эта кинопленка сбалансирована под цветовую температуру 3200 К с отклонением в зеленую область? В принципе, можно. Точно так же, как о кинопленке типа «ДС» можно сказать, что и она сбалансирована под цветовую температуру 3200 К только с отклонением в синюю область.

Таблица 29. Сенситометрические показатели 20 осей кинопленки ЛН-9

№	Эмул.	Ось	Sсин	Sзел	Sкр	Бs
1	462	25531	116	78	62	1,9
2	155	3605	38	52	86	2,3
3	462	24872	86	40	36	2,3
4	2	26576	80	70	60	1,3
5	3	26573	80	90	70	1,3
6	3	26572	70	80	65	1,2
7	1	26518	80	80	70	1,1
8	837	56382	110	95	56	2
9	837	56962	110	90	60	1,8
10	40	69	100	95	56	1,8
11	318	16123	100	80	80	1,25
12	318	15910	80	70	64	1,25
13	441	25417	105	60	70	1,7
14	529	30175	140	90	70	2
15	529	30174	130	75	64	1,8
16	110	5560	100	70	64	1,5
17	110	4203	105	70	64	1,6
18	498	25635	110	100	90	1,2
19	498	30468	130	90	70	1,9
20	846	58187	140	140	70	2

Воспользовавшись вышеприведенным рисунком, мы провели статистический анализ 20 осей кинопленки ЛН-9, поступивших во ВГИК в течение двух лет. Анализ осуществлялся на основе сравнения светочувствительностей, определенных общепринятым методом по критерию 0,2 над минимальной плотностью (таблица № 29).

Полагая, что сбалансированной под цветовую температуру 3200 К является кинопленка «ЛН», попадающая в круг радиусом 18 майред с центром в 3200 К (допуск на отклонение цветовой температуры, незаметный для пленки), приходим к выводу, что только 5 из 20 осей можно считать сбалансированными на ту цветовую температуру, которая указывается во всех справочниках для кинопленки типа «ЛН» — 3200 К.

Число кинопленок, действительно сбалансированных под цветовую температуру 3200 К, составляет 25% от числа поступивших. Но если учесть, что по ТУ: 6-17-144.3-88 для кинопленок типа «ЛН» допустим разбаланс по светочувствительности до 1,5, то область пленок, укладывающихся в определение «кино-пленка типа ЛН» заметно расширяется (область, ограниченная штриховой линией на рисунке 44).

На основании сенситометрических испытаний цеха обработки пленки киностудии «Ленфильм», был составлен статистический разброс точек баланса цветных негативных кинопленок «Кодак 5296». На рис. 45 нанесены точки баланса 16 разных осей, прошедших через ЦОП киностудии «Ленфильм» в 1993 году.

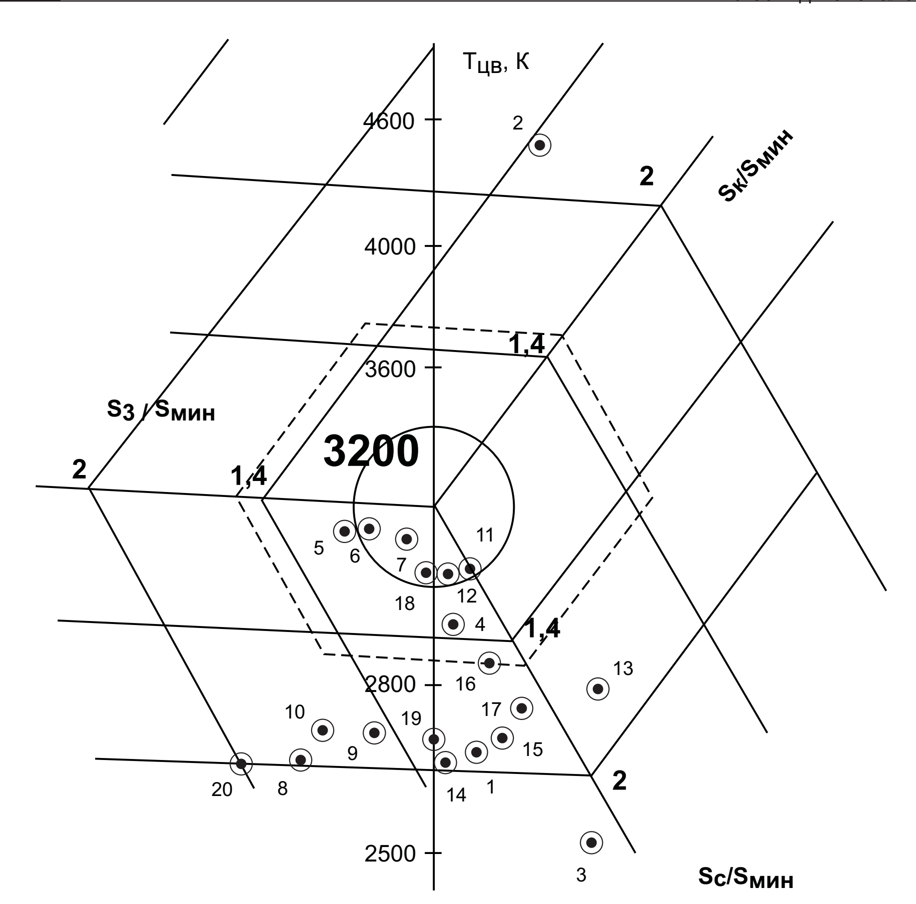


Рис 44. Точки баланса 20 осей пленок ЛН-9

Согласно рекламным проспектам пленка «Кодак 5296» балансируется на цветовую температуру 3200 к и имеет светочувствительность 500 ед. ASA.

В табл. 30 указываются светочувствительности по с-з-к слоям, полученные в результате сенситометрических испытаний. В первой колонке приводится номер, под которым пленка обозначена на рисунке 45.

Определить, под какую цветовую температуру была сбалансирована кинопленка, можно даже в том случае, если кинофильм снят давно и сенситометрические характеристики утеряны. Для этого необходимо иметь негатив с изображением серой шкалы и знать, при какой цветовой температуре производилась съемка. Поскольку перед началом съемочного периода кинооператоры обычно проводят практические испытания кинопленки, снимая человека с серой шкалой и выставляя балансный свет (3200 К для пленок типа «ЛН»), то всегда есть возможность по негативу оценить степень соответствия цветовой температуры источника освещения точке баланса кинопленки.

Если бы пленка была сбалансирована точно под цветовую температуру 3200K, то при таком освещении серое поле в негативе имело бы три равные денситометрические плотности, полученные при измерении за тремя фильтрами статуса “М” денситометра (без учета плотности маски). Например, фирма Кодак считает, что

Таблица 30. Светочувствительности по с-з-к слоям 16 осей негативной кинопленки «Кодак 5296»

№ п/п	Ось	Эму-льсия	Sc	Sз	Sк
1	250	0113	400	360	420
2	371	0162	320	280	420
3	598	0121	280	320	400
4	617	0131	340	400	440
5	607	0201	280	360	460
6	604	0242	320	320	400
7	393	0222	260	240	360
8	420	0171	360	340	400
9	762	0131	220	500	600
10	691	0111	400	400	400
11	165	0221	400	500	500
12	762	0131	210	500	500
13	276	0151	420	600	560
14	939	0122	220	340	460
15	165	0221	280	440	440
16	965	0191	260	360	360

в негативе, наилучшим образом подходящем для контратипирования, серое 18%-ное поле (без учета плотности вуали, маски и основы) должно иметь плотности 0,6 - 0,6 - 0,6 в белах (Б) соответственно за синим, зеленым и красным фильтрами денситометра. Такие плотности получаются, если три слоя цветной негативной кинопленки имеют одинаковые светочувствительности. Если светочувствительность одного из слоев выше, например, в 2 раза, что равносильно изменению в 2 раза экспозиции, то при степени контрастности 0,5 прирост плотности в этом слое составит 0,15 Б. При степени контрастности 0,6 прирост плотности будет составлять уже 0,6 х 0,3 = 0,18 Б.

Если светочувствительность одного из слоев окажется в 4 раза больше, или один из слоев получит экспозицию в 4 раза больше (что может быть тогда, когда пленка «ЛН» используется на натуре без оранжевого компенсационного фильтра), прирост плотности по переэкспонированному слою составит примерно 0,3 Б при степени контрастности 0,5 или около 0,36 Б при степени контрастности 0,6. С помощью несложных математических операций можно соотношение плотностей превести в соотношение светочувствительностей пленки при данной цветовой температуре и определить точку баланса кинопленки на графике цветового охвата. Оси вышеприведенного графика необходимо отградуировать в единицах плотности.

Чтобы не использовать разномасштабные шкалы для различных степеней контрастности, следует прирост плотности разделить на степень контрастности (средний гра5диент), и получающаяся при этом величина эффективной плотности, например, 0,3 Б, отложенная на оси (D - Dмин)/g, будет соответствовать изменению светочувствительности или изменению экспозиции в 2 раза. А величина эффективной плотности 0,6 Б — изменению светочувствительности в 4 раза.

Если в кадре имеются хотя бы два поля серой шкалы, например, серое и белое, вопрос нахождения степени контрастности негативного материала сводится

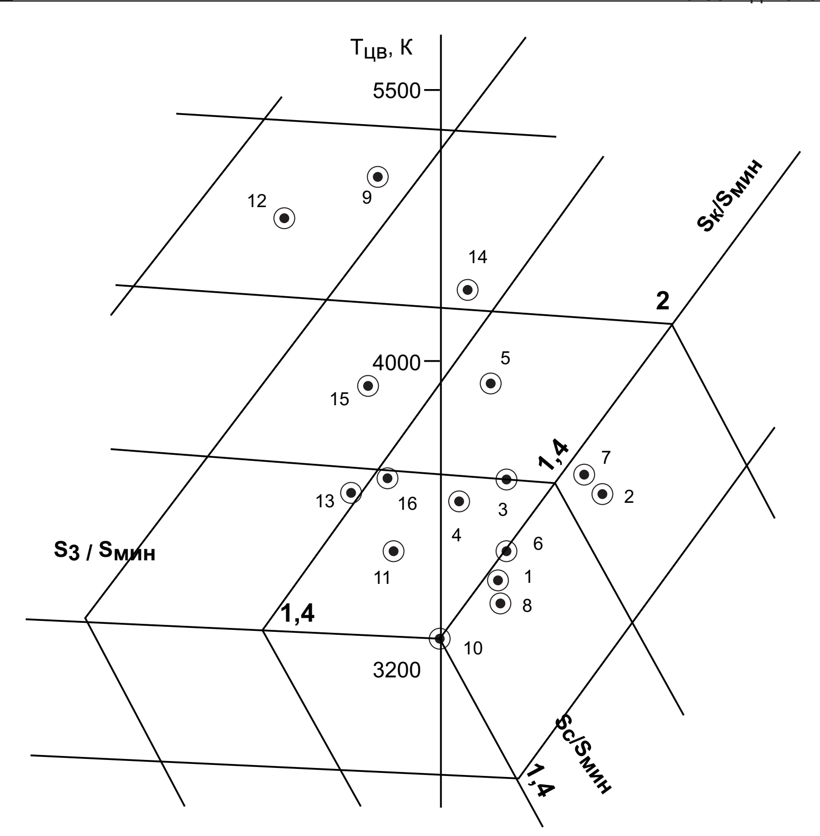


Рис 45. Точки баланса 16 осей кинопленки «Кодак 5296»

к операции деления разницы плотностей на разность логарифмов экспозиций.

Например, в 1984 году, мне пришлось работать в операторской группе кинокартины «Жил отважный капитан» (оператор-постановщик О.Мартынов). По оставшимся срезкам можно определить, что 70-мм пленка NC-3 (ORWO), используемая на этой картине, имела точку баланса смещенную на графике цветового охвата от 3200 К в зеленую сторону (рисунок 46, точка 1). Эта точка получилась в результате следующих расчетов.

Серое поле (без учета вуали, маски и основы) имело плотности 0.74 - 0,70 - 0,78 (Dс - Dз - Dк) при среднем градиенте слоев 0,65 - 0,60 - 0,54 (gс - gз - gк).

После деления были получены следующие коэффициенты:

(Dс - Dмин) / gс = (0,74 - 0,70) / 0,65 = 0,07;

(Dз - Dмин) / gз = (0,70 - 0,70) / 0,60 = 0,

в дальнейших расчетах этот коэффициент не участвует;

(Dк - Dмин) / gк = (0,78 - 0,70) / 0,54 = 0,15.

На срезке испытаний 35-мм кинопленки NC-3 (кинооператор В.Железняков) серое поле имело плотности 0,64 - 0,54 - 0,70. Здесь в зеленочувствительном слое наименьшая плотность, а следовательно, и наименьшая светочувствительность. Точка баланса этой оси пленки NC-3 отмечена на рис. 46 под номером 2.

Иногда встречаются более разбалансированные кинопленки. Например, серое поле на одной из осей пленки ЛН-9 при съемке операторской пробы имело

плотности 0,52 - 0,39 - 0,58, что говорило о сильном отклонении точки баланса пленки от цветовой температуры 3200 K (см. рис. 46, точка 6).

Эти три пленки имеют недоэкспонированный зеленочувствительный слой и поэтому во время съемки на объектив киносъемочного аппарата желательно поставить светло-зеленый корректирующий светофильтр. В противном случае, если разбаланс по светочувствительности будет корректироваться не при съемке, а в лаборатории при печати, глубокие тени приобретут зеленоватый оттенок, что могут подтвердить кинооператоры, имевшие дело с кинопленкой NC-3.

На одной из осей кинопленки «Кодак 5296» серое поле при цветовой температуре 3200 K имело плотности 0,48 - 0,51 - 0,65 (Dc - Dз - Dк) при среднем градиенте слоев 0,54 - 0,46 - 0,45 (gc - gз - gк).

В результате деления были найдены следующие коэффициенты:

(Dc - Dмин) / gc = (0,48 - 0,48) / 0,54 = 0,

в дальнейших расчетах этот коэффициент не участвует;

(Dз - Dмин) / gз = (0,51 - 0,48) / 0,46 = 0,06;

(Dк - Dмин) / gк = (0,65 - 0,48) / 0,45 = 0,34.

Эта кинопленка на рис. 46 обозначена точкой 3. На одной из срезок пленки «Кодак 5293» (кинофильм «Победа», оператор Л.Калашников) серое поле имело плотности 0,62 - 0,57 - 0,46. Это говорило о том, что фактически кинопленка была сбалансирована под цветовую температуру 2700 K (см. рис. 46, точка 4).

Под еще более низкую цветовую температуру оказалась сбалансированной одна из осей кинопленки ЛН-9 (585/37508), серое поле имело плотности 0,83 - 0,56 - 0,53 (см. рис. 46, точка 5).

Из приведенных примеров видно, что кинопленки типа «ЛН» не всегда сбалансированы под заданную цветовую температуру — 3200 K. Из-за разбаланса слоев по светочувствительности точки баланса могут довольно существенно отклоняться от нормы.

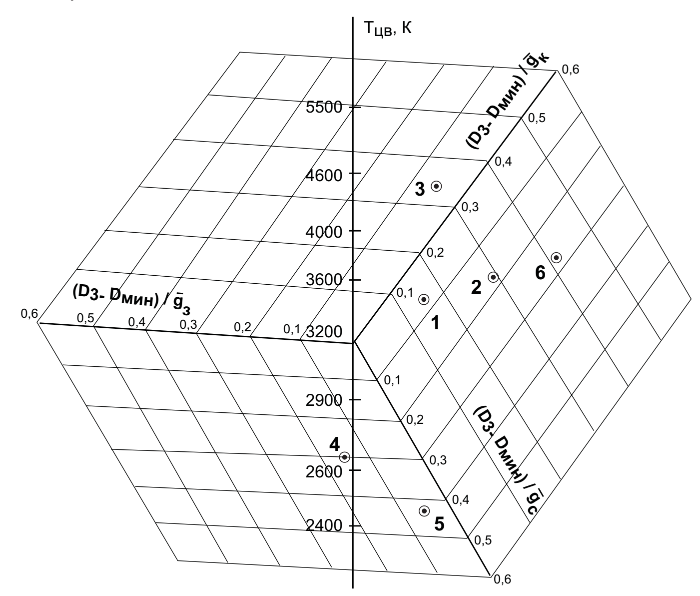


Рис 46. Точки баланса различных цветных негативных кинопленок:
1 — NC-3 (70-мм); 2 — NC-3 (35-мм); 3 — «Кодак 5296»;
4 — «Кодак 5293»; 5 — ЛН-9 (585/37508); 6 — ЛН-9 (413/17374)

О ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ «КРИТИЧЕСКИХ» ЦВЕТОВ

Некоторые термины цветоведения не только не отражают сущности явления, которую они обозначают, но и оказываются эвфемизмами, как, например, термин «критические цвета». В действительности, эти цвета ничего критического в себе не содержат, просто неудачно подобранная спектральная чувствительность слоев цветного кинофотоматериала не позволяет правильно воспроизвести эти цвета в репродукции.

Понятие «критические цвета» уже много лет существует в киноцветоведении. К «критическим» относятся цвета, точного воспроизведения цветового тона и яркости которых на цветных кинофотоматериалах добиться невозможно, в то время как другие цвета и шкала ахроматических (серых) тонов передаются без цветовых искажений. На практике «критическими» оказываются прежде всего те цвета (бордовые, вишневые, лиловые, сиреневые, фиолетовые, пурпурные, розовые), которые имеют в красной зоне (620-700 нм) резко восходящую кривую отражения.

Поскольку чувствительность глаза к длинам волн более 650 нм весьма мала, то получается, что этого увеличения отражательной способности объекта в длинноволновой зоне (650-700 нм) как бы и не существует для человека. Поэтому вишневые и бордовые цвета (рис. 47) нам кажутся темными, хотя в дальней красной зоне их коэффициент отражения значителен.

Но совсем иное дело — цветные негативные кинофотопленки. Здесь максимум чувствительности нижнего, панхроматического слоя, приходится на 660—670 нм. Поэтому темно-вишневые и бордовые тона кинопленке будут «казаться» более светлыми, чем на самом деле, ведь пленка «видит» эти цвета в том участке, где коэффициент отражения заметно выше. В цветной репродукции, если она выполнялась на промышленно выпускаемых отечественных негативных или обращаемых кинофотоматериалах, вишневые и бордовые цвета заметно посветлеют. Например, зрелые темные вишни станут светло-красными.

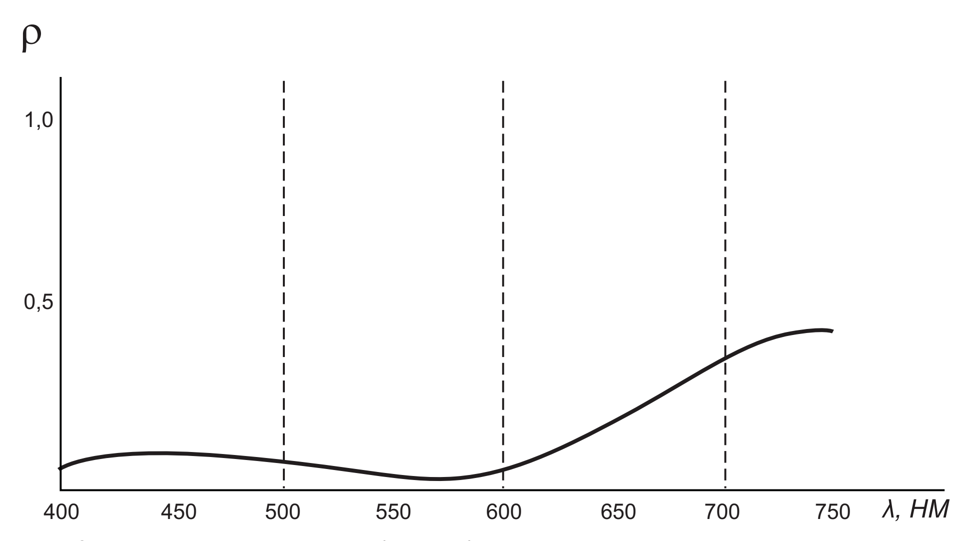


Рис 47. Спектральная кривая отражения темно-бордовой обивки кресла

Красный светофильтр из оптического стекла КС11, поступающий в розничную продажу для фотосъемок под маркировкой К-5,6^{X}, воспринимается нами светло-красным по сравнению со светофильтром из стекла КС15, который кажется очень темным, почти черным. Но на кинопленке эта разница нивелируется, поскольку коэффициенты пропускания у этих двух светофильтров на участке 660—670 нм практически одинаковы (рис. 48). И светофильтры, сильно отличающиеся визуально по светлоте, в негативе будут иметь практически одну и ту же плотность. И соответственно в позитиве разница будет едва заметной, спектры будут похожими.

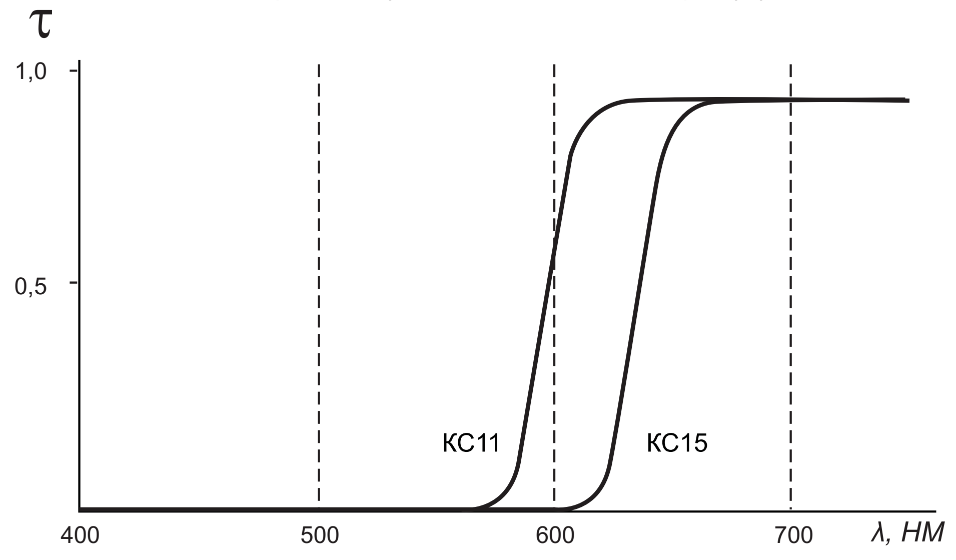


Рис 48. Спектральные кривые пропускания красных стекол КС11 и КС15

Светофильтры из оптических стекол КС11 и КС15 «кажутся» глазу разными, поскольку максимум чувствительности красных рецепторов глаза (согласно кривым сложения) находится в ближней красной зоне (≈λ620 нм).

Тем, что максимум спектральной чувствительности глаза в красной зоне не соответствует максимуму чувствительности панхроматического слоя цветной негативной (или обращаемой) пленки можно объяснить множество цветоискажений не только разных по яркости красных тонов, как например, высветление красного бархата (кривая спектрального отражения красного бархата приведена далее на рис. 53), но и цветоискажения пурпурных, фиолетовых, лиловых и сиреневых тонов. Причем эти цветоискажения происходят на стадии цветоделения, и уже в негативе фиолетовые тона становятся красно-пурпурными.

Из спектрального отражения фиолетовых тонов видно (см рис. 51), что в синей зоне они имеют один максимум отражения, а в красной — восходящую кривую отражения. Следовательно, от местоположения максимума сенсибилизации красночувствительного слоя материала, на котором ведется съемка, будет сильно зависеть цветовой тон объекта в репродукции. Рис. 49 показывает, каким образом нарушается цветопередача (точность воспроизведения цветового тона) на примере фиолетового цвета.

При стандартной сенсибилизации нижнего красночувствительного слоя (макс J-полосы приходится на 660 нм) экспозиция по красной зоне значительно превосходит экспозицию по синей зоне. В зеленой зоне объект отражает очень мало,

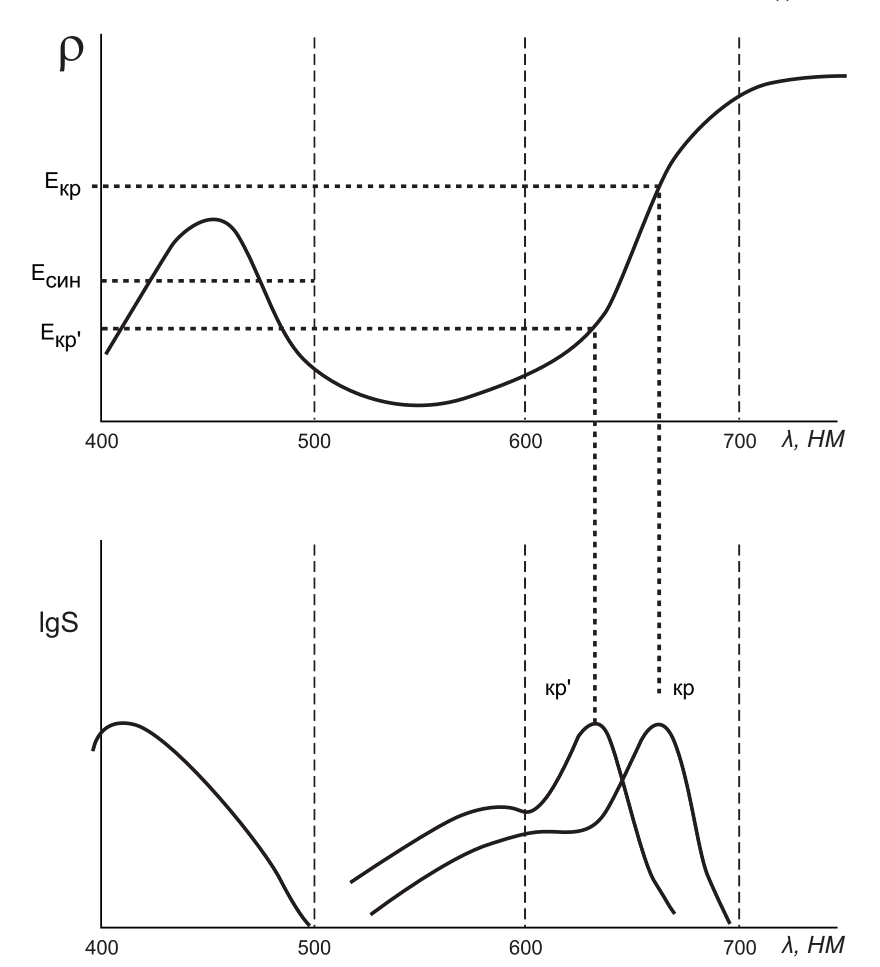


Рис 49. Схема изменения цветового тона фиолетовой ткани при смещении максимума красночувствительного слоя: вверху — спектральная кривая отражения фиолетовой ткани; внизу — спектральная чувствительность негативного кинофотоматериала

поэтому этой зоной можно пренебречь. Таким образом получается, что в объекте присутствует красных лучей больше, чем синих, и пленка видит объект красно-пурпурным.

При смещенном максимуме сенсибилизации (кр`) экспозиция в красной зоне становится меньше, чем в синей. Теперь пленка будет «видеть» объект уже иначе: объект станет фиолетовым.

Осенью 1989 года на Шосткинском производственном объединении (ШПО) «Свема» автором были проведены практические испытания трех фотопленок, отличающихся одна от другой различным расположением максимума чувствительности (точнее, кривой фотоактиничного потока) красночувствительного слоя.

Для этого были использованы три панхроматических спектральных сенсибилизатора: 3554 — «стандартный» с максимумом J-полосы, приходящимся на 660-665 нм, использовавшийся много лет в фотопленке ДС-4 и применяемый в кинопленках ДС-5м, ЛН-9; спектральный сенсибилизатор 6089 (максимум J-полосы — 635 нм) и сенсибилизатор 4012 (максимум — 600 нм) (рис. 50). Чтобы пленки

как можно меньше отличались друг от друга, вначале на основу были последовательно политы три нижних слоя (при одном и том же расходе эмульсии, мл/мин), а затем сверху нанесены общие средний слой, желтый фильтровый и верхний слои. Таким образом, при равенстве чувствительности и средних градиентов верхнего и среднего слоев и одном и том же среднем градиенте нижних слоев, разница заключалась только в панхроматической сенсибилизации.

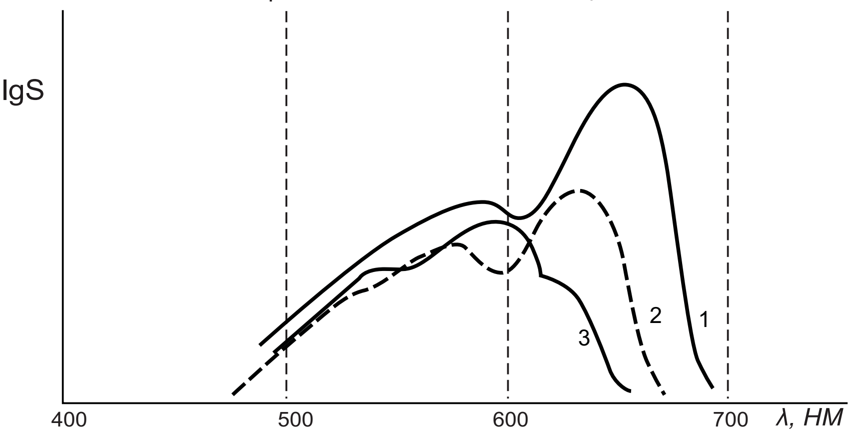


Рис 50. Кривые фотоактиничных потоков спектральных сенсибилизаторов 3554 (1), 6089 (2) и 4012 (3)

Объектами съемок являлись как природные насыщенные цвета (красные и

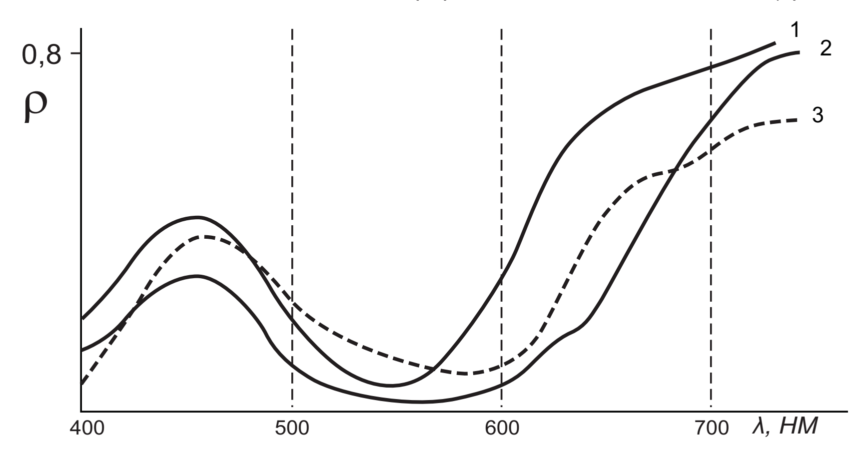


Рис 51. Спектральные кривые отражения цветов:
1 — розовые флоксы, 2 — фиолетовая астра„ 3 — агерату (фиолетового цвета)

пурпурные георгины, пурпурные флоксы, фиолетовые астры и агерату) (рис. 51), так и специально подобранные выкраски (аппликационная бумага, ткани, капроновые ленты).

Цветопередача оценивалась по негативу и позитиву. Цветность объекта в негативе определялась как степень отличия от спектрально неизбирательного серого поля с коэффициентом отражения 18%, т.е. плотность цветного объекта в негативе по синей зоне (промеренная на денситометре за статусом «М») сравнивалась с плотностью эталонной серой шкалы в синей зоне, плотность объекта по зеленой зоне сравнивалась с плотностью серой шкалы в зеленой зоне и т.д..

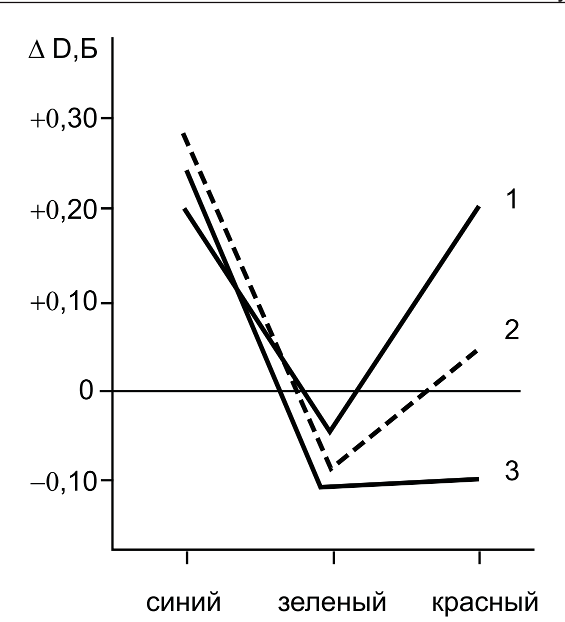


Рис 52. Зональные диаграммы изменения цветового тона фиолетовой ткани (по плотностям в негативе относительно серого поля, плотность которого принята за ноль) при различных максимумах сенсибилизации панхроматического слоя:
1 — 660 нм; 2 — 635 нм; 3 — 600 нм;
с, з, к — синяя, зеленая и красная зоны измерения плотностей

При смещении максимума сенсибилизации панхроматического слоя в коротковолновую область у фиолетовой ткани, спектральная кривая отражения которой приведена на рис. 49, никакого отличия по синей зоне практически не происходило, т.е. смещение максимума светочувствительности панхроматического слоя в коротковолновую область практически никак не влияло на плотность в синей зоне — это и следовало ожидать; в то же время сильные изменения происходили в красной зоне. При первоначальном максимуме сенсибилизации 660 нм плотность фиолетового объекта была в негативе на 0,18 Б выше плотности серого поля по красной зоне. Это свидетельствовало о том, что вблизи 660 нм ткань отражала света примерно в два раза больше, чем серое 18%-ное поле, поскольку при изменении экспозиции в два раза и среднем градиенте 0,6 прирост плотности в негативе равен как раз 0,18 Б. При максимуме сенсибилизации около 635 нм эта разница сократилась до 0,04 Б, а при максимуме сенсибилизации около 600 нм плотность фиолетового поля стала на 0,11 Б ниже плотности серого поля по той же красной зоне (рис. 52). Из этого следовало, что коэффициент отражения фиолетовой ткани в красной зоне сильно зависел от выбранного участка рассмотрения.

При использовании спектрального сенсибилизатора 3554 фиолетовое поле имело равные плотности в синей и красной зонах, т.е. поле являлось пурпурным; при спектральном сенсибилизаторе 4012 это поле становилось синим, поскольку максимум светочувствительности находился около 600 нм и подъем отражательной способности у фиолетового поля после 610—615 нм никак не отразился на приросте плотности по красной зоне (плотность в негативе такая же, как и по зеленой зоне). И лишь сенсибилизатор 6089 обеспечил необходимый результат: соотношение плотностей в негативе по зонам соответствовало соотношению яркостей в объекте.

Из анализа цветовоспроизведения других объектов (см. рис. 51) следовало, что смещение максимума сенсибилизации до 600 нм нежелательно, поскольку это приводит к искажениям противоположного характера — к недостатку красной составляющей в фиолетовых тонах.

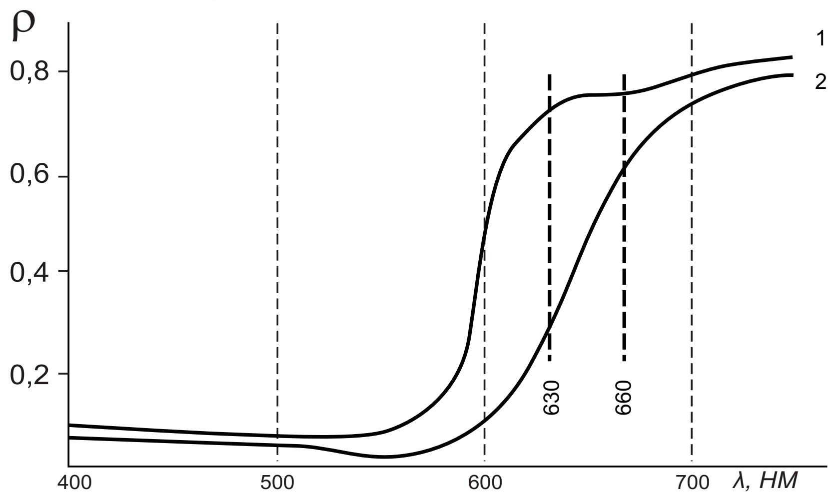


Рис 53. Спектральные кривые отражениятипичных красных объектов:
1 - светло-красная аппликационная бумага;
2 - красный бархат (средней яркости)

Такой максимум сенсибилизации хотя и соответствует красному первичному цвету в функции сложения аддитивных цветов МКО, тем не менее нежелателен, поскольку вносит искажения даже в цветопередачу красного цвета — уменьшается его яркость. Исходя из кривых отражения типичных красных объектов (рис. 53), можно сделать вывод о том, что максимум сенсибилизации панхроматического слоя менее 620 нм также неприемлем и для качественного воспроизведения насыщенных красных тонов.

На основе проведенных съемок было установлено, что этот максимум должен находиться вблизи 630 нм. Полученные на практике рекомендации совпадают с результатами опытов Спенсера (середина 30-х годов) на черно-белых эмульсиях, из которых следовало, что максимум фотоактиничного потока для красночувствительного приемника пленки должен находиться в пределах 625 —640 нм.

У большинства зарубежных цветных кинофотопленок этот максимум расположен в участке 635-655 нм, т.е. несколько короче, чем у отечественных пленок, но и этого недостаточно для того, чтобы полностью устранить «покраснение» фиолетовых тонов.

Выводы

1. Цветоискажения «критических» цветов происходят на стадии цветоделения.

2. Причиной неточной цветопередачи «критических» цветов (пурпурных, фиолетовых, сиреневых) на отечественных цветных (негативных и обращаемых), а отчасти и на зарубежных кинофотоматериалах является то, что максимум сенсибилизации панхроматического слоя слишком удален в красную зону (приближенк инфракрасной).

3. Максимум сенсибилизации красночувствительного слоя на всех цветных пленках, где требуется точное оригиналу цветовоспроизведение, следует сместить в коротковолновую сторону, с 660-670 нм до 630 нм, для чего потребуется разработать новую серию эффективных панхроматических сенсибилизаторов.

КОЛОРИМЕТР «МИНОЛЬТА» И ГРИНВИЧСКИЙ МЕРИДИАН

Было это несколько лет назад, когда наш институт благодаря настойчивости В.Г.Чумака приобрел колориметр «Минольта-2» (с индикацией на жидких кристаллах). Мне тогда довелось в числе первых поработать с этим прибором. То есть я без всякой цели замерял всё, что попадалось на пути.

Впрочем, цель была: ознакомиться с прибором, узнать его возможности. Я замерял цветовую температуру настольных ламп и люстр, люминесцентных и натриевых ламп, цветовую температуру в солнечный и пасмурный день, наклонял «Минольту» при замерах то вправо, то влево, поворачивал ее то вверх, то вниз и следил, как это отражается на показаниях.

Пламя спички дало 1990-2000 K — столько же, сколько указывают все справочники. А вот в холодный пасмурный день, уже ближе к вечеру, когда моросил мелкий дождь и казалось, что цветовая температура должна быть не менее 10000 Кельвин, показания «Минольты» зафиксировались на 6000 K и дальше не росли. Я крутил «Минольту» влево-вправо, но показания существенно не менились: 6000 K и всё. (Это потом уже из справочника НИКФИ я узнал, что в пасмурные дни цветовая температура держится неизменной в течение светового дня — около 5500-6000 K — и начинает повышаться лишь за 40-50 минут до захода солнца.)

В дождливую погоду на улице делать было нечего, поэтому у окна я стал замерять «Минольтой» светофильтры. Из своих запасников достал оранжевый компенсационный фильтр W-85 и накрыл им светоприемное устройство колориметра. Произвел замер, то есть нажал на боковую кнопку. Цветовая температура опустилась до 3630 K. Потом снял этот оранжевый светофильтр и на его место поставил светло-красный осветительный фильтр № 40. Цветовая температура понизилась тоже с 6000 K до 3630 K. И бывает же иногда так в жизни (нарочно никогда так не придумаешь), что когда красный фильтр я заменил на желтый (осветительный № 30), цветовая температура вновь установилась ровно на 3630 K. И желтый фильтр снизил цветовую температуру тоже с 6000 K до 3630 K.

Я был несколько озадачен, поскольку получалось, что нет никакой разницы, каким фильтром изменять цветовую температуру. В этом была какая-то нестыковка, которая, впрочем, быстро разрешилась.

Чтобы прокомментировать полученный результат, прибегнем к аналогии. И тогда станет ясно, что никакого противоречия здесь не существует. Ведь нет же противоречия в той фразе, что путь от Санкт-Петербурга до Тегерана — это перемещение с 60-й параллели до 36-й, и путь от Санкт-Петербурга до Алжира — перемещение тоже с 60-й на 36-ю параллель. Это отнюдь не означает, что Тегеран и Алжир находятся в одном и том же месте. Оба города лежат лишь на одной параллели, 36° северной широты. Но если Тегеран находится в Азии, на юго-восток от Санкт-Петербурга, то Алжир — в Африке, в направлении на юго-запад. А расстояние между 60-й параллелью, где лежит Санкт-Петербург и 36-ой параллелью — одно и то же, если считать его в градусах географической широты.

Точно так же, как и географическая широта, понятие цветовой температуры указывает лишь направление вверх или вниз (теплее или холоднее цвет, то есть севернее или южнее), но не учитывает отклонения вправо или влево (к западу или востоку). И точно так же, как об истинном положении города на карте можно судить, лишь используя две координаты, одна из которых широта, а другая долгота, так и об определенном цвете можно судить, используя на графике цветового



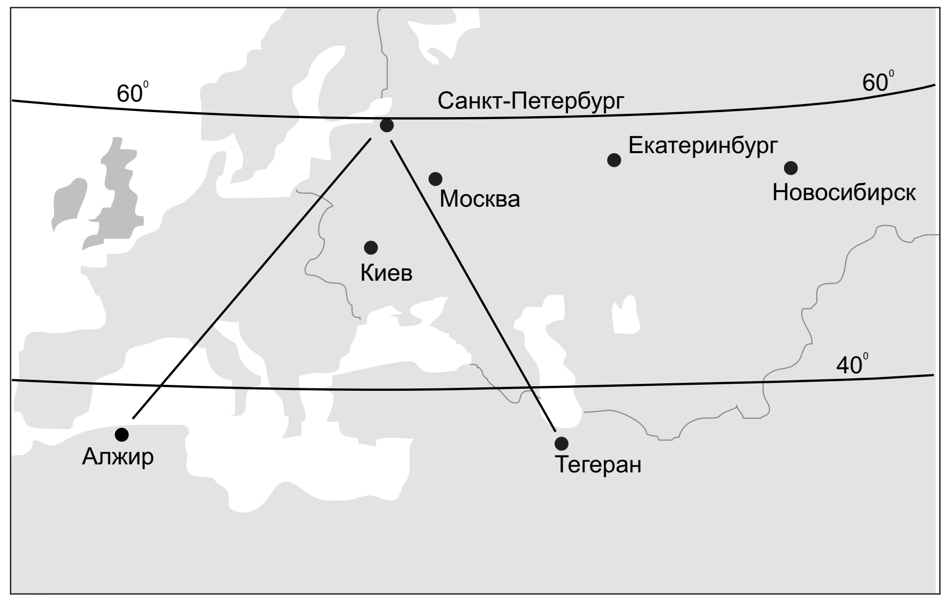


Рисунок 54. Расположение городов на карте

охвата не одну, а две координаты. В качестве оси ординат в колориметре «Минольта» принят ряд цветовых температур — ось LB (Light Balancing), а в качестве оси абсцисс перпендикулярная ей ось отклонений — CC (Color Compensating).

Да простят мне ученые мужи, что я, приводя график цветового охвата, несколько упрощаю его. Ось LB является сине-оранжевой, а ось CC — пурпурно-зеленая. 5500 K — белый цвет. Чем дальше точка на графике расположена от точки 5500 K, тем заметнее отличается ее цвет от белого. Удаляясь от этой точки в любую сторону, мы имеем цвета с убывающей чистотой, что психофизиологически соответствует увеличению насыщенности цвета.

Легко понять, что оранжевый, красный и желтый фильтры на этом графике будут располагаться тогда следующим образом — см. рис. 55. Между этим рисунком и «рисунком», прочерченным на карте, есть довольно точная аналогия. Точно так же, как отклонение желтого вектора по горизонтали меньше отклонения красного, о чем свидетельствуют разные длины катетов [10] и [13] по модулю, (длина желтой стрелки меньше), так и расстояние от Санкт-Петербурга до Тегерана меньше расстояния от Санкт-Петербурга до Алжира.

Оперирование лишь одним понятием цветовой температуры напоминает во многом путешествие по Гринвичскому меридиану с экватора на полюс. Ведь перемещаясь вдоль оси цветовых температур, мы можем судить лишь об одном: более холодным или более теплым является цвет. И так же, как немыслим разговор о точке на поверхности Земли без указания ее географической долготы, так и разговор о любом цветном светофильтре или источнике света без указания отклонения по оси CC получается неконкретным.

Колориметр «Минольта» имеет две специальные кнопки: «LB» — «широта» (дающая показания не в значениях цветовой температуры, а в майредах, величинах, обратных цветовой температуре: 1 000 000/ Тцв) и кнопку отклонения «CC» — «долгота».

Существуют фильтры, которые ложатся вдоль оси цветовых температур (вдоль оси LB): оранжевые и синие. Существуют также фильтры, которые ложатся не

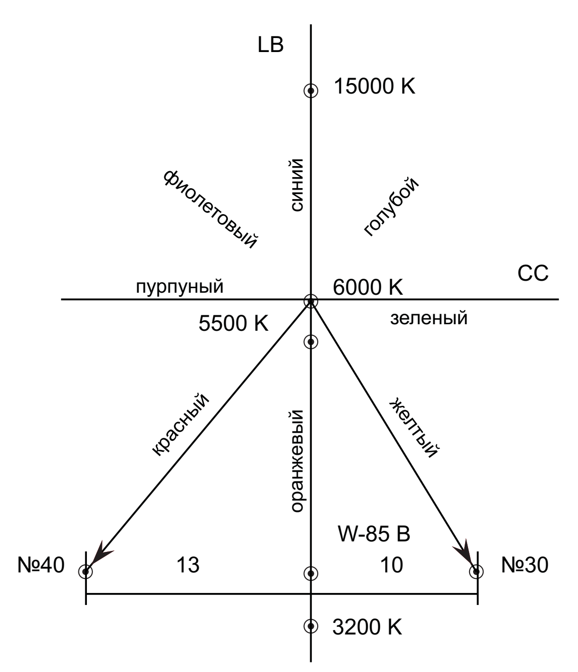


Рис 55. График цветового охвата (упрощенная схема)

вдоль, а поперек оси цветовых температур: пурпурные и зеленые. Такие фильтры, будучи поставлены перед светоприемным устройством колориметра, во-обще не изменят значения цветовой температуры.

Найти фильтр, совпадающий с осью СС, не составляет никакого труда. Через зеленый фильтр 50% желтого + 30% голубого из набора корректирующих фильтров для цветной печати был промерен свет галогенной лампы прибора «Свет-1000». Первоначальная цветовая температура 3100 K, как была, так и не шелохнулась, в то время как отклонение по оси СС составило +11 (11 декамайред, или 110 майред). Затем был поставлен фильтр 100% пурпура + 10% голубого. И вновь цветовая температура не изменилась, а отклонение по СС достигло -21 (21 декамайред или 210 майред).

Следует учесть то обстоятельство, что масштаб по оси СС в 10 раз меньше (мельче), чем по оси LB - так отградуирован при-бор «Минольта». Поэтому тот эффект, который будет производить на кинопленку фильтр 50% желтого + 30% голубого (не меняющий цветовой температуры) примерно равен эффекту оранжевого фильтра W-85, но направлен по другому соотношению. Если оранжевый фильтр уменьшает плотности синечувствительного и в меньшей степени зеленочувствительного слоев, то влияние зеленого фильтра (ж+г) распространяется преимущественно на синечувствительный и красночувствительный слои. Однако «эффективная сила воздействия» примерно одинакова.

Нам следует спустить с пьедестала понятие «цветовой температуры», куда мы его возвели, и отдать должное не менее важному понятию «отклонение».

О ПОЯВЛЕНИИ ЗЕЛЕНЫХ И ДРУГИХ ТЕНЕЙ

Однажды я стал свидетелем такого разговора. Два студента ВГИКа, выйдя из кинозала после просмотра материала этюдов освещения, обсуждали причину появления зеленого тона вместо черного в тенях изображения.

Как я понял из нескольких услышанных фраз, они считали, что причина была в том, что в павильоне во время съемок иногда забывали отключать дежурный свет — ртутные лампы. А на кинопленках, как известно, свет ртутных ламп выглядит зеленоватым. Получалось, что в то время, как основные объекты были освещены светом ламп накаливания, неосвещенные тени оказались заполнены светом ртутных ламп. И хотя во время съемок, как говорили студенты, для глаза это было незаметно, кинопленка все равно этот свет восприняла.

Студенты прошли мимо, а я на следующий после этого разговора день заглянул в павильон, в котором снимались этюды освещения. Над декорацией, на шестиметровой высоте горели две ртутные лампы. Одна из них, та, что была ближе к проходу, излучала тусклый и неприятный зеленоватый свет, а другая, над самой декорацией, светила розовым оттенком.

«Странно, — подумал я. — Неужели такой слабый свет может оказывать заметное влияние на кинопленку?» Ведь съемку проводили на наших низкочувствительных цветных негативных кинопленках.

Уже это вызвало сомнения в справедливости высказанного предположения. Но самое главное, что заставляло не просто сомневаться, а совсем отказаться от мысли о влиянии ртутных ламп, заключалось в следующем: зеленый цвет, если вы вспомните аналогичные случаи, наиболее заметен в притемненных углах декорации, там, где должна быть чернота. Там в негативе нет никакой плотности над вуалью. Ртутные лампы должны давать на негативе хоть какую-то плотность, а между тем зеленые тени возникают как раз там, где в негативе нет никакой плотности или плотность изображения едва отличается от плотности вуали.

Зеленые тени существуют не только в самом кадре, в неосвещенных углах, но точно такие же — на пространстве между кадрами, куда при съемке вообще никакой свет не попадает. Даже для самых неверящих станет очевидным, что привязка к ртутным лампам является просто неуместной, ведь свет ртутных ламп не может попасть на межкадровое пространство.

Попробуем разобраться, отчего чернота окрашивается в зеленый цвет. Если дело не в лампах, то, может быть, ответ следует искать в самой кинопленке?

Нетрудно было выяснить, что для съемок использовалась пленка ЛН-9, баланс по чувствительности которой был равен 1,7. По сенситометрическим данным эта пленка имела по слоям следующие светочувствительности: 65 — 48 — 80 (синий — зеленый — красный). Здесь чувствительность синего и красного слоев выше, чем у зеленого. Это означает, что во время проявления в синечувствительном слое негатива выйдет много желтого красителя, а в красночувствительном — много голубого (по сравнению с выходом пурпурного красителя в зеленом слое). Весь негатив приобретет за счет избытка желтого и голубого красителя зеленоватый оттенок, что особенно хорошо заметно на серой шкале и на лице. Следовательно, зеленоватый оттенок негативного изображения свидетельствует о том, что у негативной кинопленки занижена светочувствительность зеленого слоя.

И поэтому, видя, что в негативе лицо получается зеленоватым, можно утверждать, что у данной негативной кинопленки занижена чувствительность зеленого слоя или завышена чувствительность красного слоя, а занижена соответственно у синего и зеленого слоев, поскольку избыточный выход голубого красителя в

красночувствительном слое негативной кинопленки на фоне желто-оранжевой маски тоже воспринимается зеленоватым.

Если судить по негативным срезкам с разных картин киностудии «Ленфильм», собранных на протяжении 20 лет кинооператором В.Чумаком, и по срезкам, предоставленным мне кинооператорами В.Железняковым и О.Мартыновым (киностудия «Мосфильм»), то практически во всех картинах, снятых на негативной кинопленке NC-3, лица в негативе получаются явно зелеными.

Если с такого негатива отпечатать позитив без коррекции, можно увидеть, что лицо в позитиве получается красно-пурпурным, как, впрочем, и все остальное изображение. Отсюда следует, что необходима коррекция. В принципе, коррекция при печати как раз сводится к тому, чтобы убрать пурпур в позитиве, или, другими словами, нейтрализовать избыточный зеленый тон негатива.

Поэтому в световом паспорте будет стоять корректирующий фильтр преимущественно пурпурного цвета. Так, например, те кадры, которые были сняты на NC-3 при лампах накаливания, (мосфильмовская картина «Жил отважный капитан») печатались на кинокопировальном аппарате для субтрактивной печати в основном при коррекции 80% пурпура + 50% голубого. Такие значения светового паспорта явно свидетельствуют о том, что пленка является разбалансированной. Однако следует добавить, что согласно справочникам, кинопленка NC-3 должна быть сбалансирована под цветовую температуру 3200 K.

Пурпурный корректирующий фильтр, приложенный к негативу, нейтрализует зеленоватый оттенок негатива и зеленый цвет лица, и лицо, ставшее в негативе почти нейтральным, в позитиве выходит нормальным, со свойственным ему цветом.

Но этот пурпурный корректирующий фильтр, действуя на все изображение, и нейтрализуя в негативе лицо и серую шкалу, окрашивает малые плотности (т. е. тени) в тот же пурпурный цвет. Тени в негативе из-за корректирующего фильтра будут выглядеть пурпурными. А в позитиве, следовательно, они станут зелеными, т. е. окрашенность теней появляется при коррекции негативного изображения.

Легко понять, что чем глубже тень, тем сильнее заметен эффект корректирующего фильтра, тем зеленее в позитиве будет тень.

Таким образом можно придти к выводу, что появление зеленых теней в позитиве обусловлено влиянием корректирующего светофильтра при печати, применение которого, в свою очередь, вызвано заниженной светочувствительностью зеленого (корректнее — зеленочувствительного) слоя негативной кинопленки. Получается, что если мы используем в павильоне, где много затемненных мест, кинопленку типа ЛН с заниженной светочувствительностью зеленого слоя, то в лаборатории при коррекции шкалы серых тонов до серого цвета тени неизбежно окрашиваются в зеленоватый оттенок.

Отличить фильм, снятый на кинопленке NC-3, можно буквально с первых же кадров по зеленым теням: пленка NC-3 всегда была стабильна в своем разбалансе.

Есть единственный способ избежать окраски теней — свести коррекцию при печати к минимуму. Негатив должен поступать на печать неразбалансированным, т. е. серое поле (над вуалью) за тремя фильтрами денситометра (статуса «М») должно иметь в идеале равные плотности. А это возможно лишь в том случае, если негатив корректируется при съемке.

Таким образом, устранять разбаланс цветной негативной кинопленки по светочувствительности следует при съемке с помощью фильтра, установленного на объективе киносъемочного аппарата.

В нашем случае у пленки типа ЛН завышена светочувствительность синего и красного слоев, следовательно, при съемке поток синих и красных лучей, попадающих на пленку, следует уменьшить. Для этого необходим светофильтр,



задерживающий часть синих и красных лучей и свободно пропускающий зеленые лучи. Выходит, что для устанения разбаланса негатива необходим зеленый фильтр. Такой фильтр можно получить, если соединить желтый фильтр с голубым, где желтая составляющая будет несколько гасить поток синих лучей, а голубая составляющая — задерживать часть красных. Зеленый фильтр, иными словами, повышает светочувствительность зеленого слоя относительно двух других. Получается как в поговорке: клин выбивают клином. Убрать зеленые тени в изображении можно зеленым светофильтром при съемке.

Таким образом, если у негативной кинопленки занижена чувствительность зеленого слоя и если негатив после проявления выглядит зеленоватым, т. е. разбалансированным по плотностям, то при печати такого негатива на позитив тени изображения из-за коррекции разбаланса окрашиваются в зеленый цвет. Для предотвращения появления зеленых теней в позитивном изображении на объектив кинокамеры во время съемки необходимо поставить зеленый светофильтр.

Итак, для коррекции разбалансированной по светочувствительности кинопленки типа ЛН необходим зеленый фильтр, который не даст появиться зеленым теням. Если во время съемки он не будет установлен на объективе, а разбаланс по плотностям будет корректироваться при печати, то в неосвещенных местах в позитивном изображении вместо черных появятся темно-зеленые тени, т. е. тени цвета непоставленного фильтра.

Эти последние рассуждения можно свести в одно правило.

ПРАВИЛО. Если для устранения разбаланса цветной негативной кинопленки по светочувствительности необходим при съемке цветной светофильтр, но он не установлен на объективе, глубокие тени в позитиве окрашиваются в цвет непоставленного фильтра.

Для иллюстрации этого правила рассмотрим два классических случая:

а) съемка производится на пленке ДС в павильоне при свете ламп накаливания без коррекции;

б) используется кинопленка типа ЛН на натуре без компенсационного фильтра.

Известно, что для съемки на пленке ДС-5м в павильоне необходим компенсационный синий светофильтр (осветительный фильтр № 5 на осветительные приборы или фильтр W-80A на объектив). Если при съемке объекта, освещенного лампами накаливания, мы не используем синий светофильтр, а возникающий при этом разбаланс корректируем при печати так, чтобы серая шкала, освещенная лампами накаливания, становилась в позитиве серой, глубокие тени изображения окрашиваются в холодный (синеватый) цвет. Получается «аквариум», по меткому определению цветоустановщиц «Мосфильма».

Если негатив к тому же оказывается тонким, то печатается он на малом номере света (малом световом пототке) и, следовательно, плотность почернения в тенях позитива получается невысокой; из-за этого цветность в тенях становится заметнее.

Если же при печати разбаланс не корректировать и «картинку» оставить в золотистой тональности, тени будут близкими к нейтральным.

Получается как бы парадокс: цветной светофильтр, установленный на объективе, должен, вроде бы, влиять на все светлые объекты и не затрагивать самых темных мест, а он, этот фильтр, только и влияет, что на самое черное.

В другом случае, когда съемка ведется на натуре на кинопленку, сбалансированную под 3200 K, и на объективе камеры не устанавливается необходимый оранжевый компенсационный фильтр (W-85B), а возникающий при этом разбаланс плотностей исправляется затем в лаборатории при печати, глубокие тени изображения приобретают коричневатый оттенок.

Когда в кадре, например, на переднем плане, имеются темные объекты (силуэт дерева, затемненная арка во дворе, актер в черной куртке), то теневые участки окрашиваются в коричневый цвет, что-то цвета шоколада. Особенно это будет бросаться в глаза в кадрах темной тональности или когда печать производится с тонких негативов.

Возможны случаи, и они не столь редки, что в кадре нет темных объектов. Тогда кадры, снятые с фильтром и без фильтра, после коррекции при печати будут выглядеть в позитиве практически одинаковыми. Именно такие примеры чаще всего показывают представители фирм «Кодак» или «Фудзи» на презентации своих негативных кинопленок, чтобы продемонстрировать их «широту»: городской пейзаж, снятый на пленку типа «ЛН» с оранжевым компенсационным фильтром и без него и затем скорректированный при печати. Ощутить тогда цветоискажение в тенях практически невозможно, поскольку глубоких теней в кадре либо нет, либо они очень незначительны по размеру. В таком случае можно считать, что корректирующие (и конверсионные) светофильтры никак не влияют на цветопередачу, правда, если оценку цветопередачи начинать после того, как серая шкала в изображении доведена до серого тона. В итоге следует повторить, что, как ни покажется странным, в негативно-позитивном процессе корректирующие съемочные фильтры влияют исключительно на тени и не оказывают влияния на света. (Хотя определенные изменения цветопередачи все-таки происходят, они, эти изменения, столь незначительны, что представляют интерес лишь с теоретической стороны.)

Когда в позитивном изображении вместо нейтрально-черных или темно-серых вы видите окрашенные тени, не спешите объяснять их появление разбалансом слоев негатива по контрастности или недостатками позитива, быть может, у негативной кинопленки просто-напросто существенно занижена светочувствительность одного из слоев.

Рекомендации

1. Если отношение светочувствительностей Smax/Smin не превышает 1,4, разбаланс можно считать незначительным, и исправление этого разбаланса без ущерба для теней можно доверить цеху обработки пленки.

2. Наихудшей кинопленкой типа «ЛН» по балансу считается такая, у которой самым низким по светочувствительности является «зеленый» слой, а «красный» слой самый высокий — эта кинопленка может дать зелено-голубые тени. Такую пленку обязательно нужно корректировать при съемке. В то же время совсем не обязательно корректировать пленку, у которой красный слой самый низкочувствительный, а зеленый и синий по светочувствительности примерно равны и выше красного. В этом случае допустим разбаланс до 1,6 — 1,8.

3. Корректирующим фильтром можно пренебречь, если его значение (по каталогу цветных корректирующих светофильтров для субтрактивной печати) не превышает 25 - 30%.

ЗАГАДКА ФИЛЬТРА W 85-B

Несколько лет назад этот вопрос не давал мне покоя — я не мог объяснить себе, почему компенсационный фильтр W85-B такого странного — оранжевого (!!!) цвета. Потом, поскольку трудно все время с одинаковой силой думать об одном и том же, этот вопрос отошел на второй план.

Но сегодня, стоя на троллейбусной остановке напротив ВГИКа, я вдруг поймал себя на том, что опять думаю об этом фильтре. Восстановив шаг за шагом последовательность мыслей, которая вывела меня на вопрос о цвете фильтра, я понял, что толчком послужило то обстоятельство, что в окне первого этажа ВГИКа... горела лампа. Кто-то снимал в павильоне на первом этаже, и осветительный прибор с силой бил прямо в окно на улицу. И я подумал, что цветовая температура лампы наверняка 3200 K (как у всех галогенных ламп), а на натуре сейчас — 5500 K. (Был светлый пасмурный день, а в такие дни колориметр «Минольта» всегда показывал около 5500 K.)

«И вот, чтобы привести цветовую температуру дня к цветовой температуре ламп накаливания, — рассуждал я, — придуман фильтр W-85B». Я мысленно представил себе, как достаю компенсационный фильтр W-85B и, подняв его над головой, смотрю сквозь него на пасмурное небо. «Теперь свет, который проходит через этот фильтр, имеет цветовую температуру 3200 Кельвин.» В этом я ничуть не сомневался, потому что не раз замерял цветовую температуру в пасмурный день через оранжевый компенсационный фильтр, который мне подарили, фильтр фирмы «Тиффен». — «И такую же цветовую температуру, 3200 K, имеет галогенная лампа, что светит в окно. Но как разнятся они по цвету! Фильтр на фоне пасмурного неба кажется красно-оранжевым, а свет галогенных ламп выглядит золотисто-желтым. Свет, прошедший через фильтр W-85B совсем не похож на свет ламп накаливания».

Как совместить несовместимое — что фильтр приводит цветовую температуру к 3200 K и в то же время ничуть не похож на свет ламп, которые дают 3200 K?

В этом и была загадка фильтра W-85B.

Однако эта загадка фильтра W-85B в конце концов растаяла сама по себе (как исчезают вопросы у начинающего автомобилиста по мере освоения машины). Та фраза, что кинопленка "видит" немного не так, как глаз, на примере конверсионного оранжевого фильтра обрела вскоре конкретные черты.

Этот оранжевый фильтр задуман для того, чтобы сблизить дневной свет с излучением ламп накаливания, следовательно, этот фильтр должен уменьшать попадающий на кинопленку поток синих лучей в 4 раза, а поток зеленый лучей — в 2 раза, поскольку именно таким соотношением отличается дневной свет от излучений ламп накаливания (см., например, рис. 42 на стр. 74).

Посмотрим, как фильтр перераспределит по спектру поток дневного света по светочувствительным слоям кинопленки. Кривая спектрального поглощения этого фильтра приведена на рис. 56. Горизонтальная шкала — длина волн в нанометрах, вертикальная шкала — степень поглощения в виде оптической плотности. Ниже, под этой кривой, дана спектральная чувствительность цветной негативной кинопленки (конкретно «Кодак 5296»), а спектральная чувствительность глаза — в самом верху.

Влияние светофильтра на красночувствительный слой кинопленки ничтожно мало. Поэтому рассмотрим следующую, зеленую зону. Часть зеленых лучей, которая оказывает влияние на зеленочувствительный слой кинопленки, а это, как видно из рисунка, прежде всего лучи с длиной волн от 530 до 580 нм — задерживаются фильтром в разной степени. Найдя известным способом интеграль-

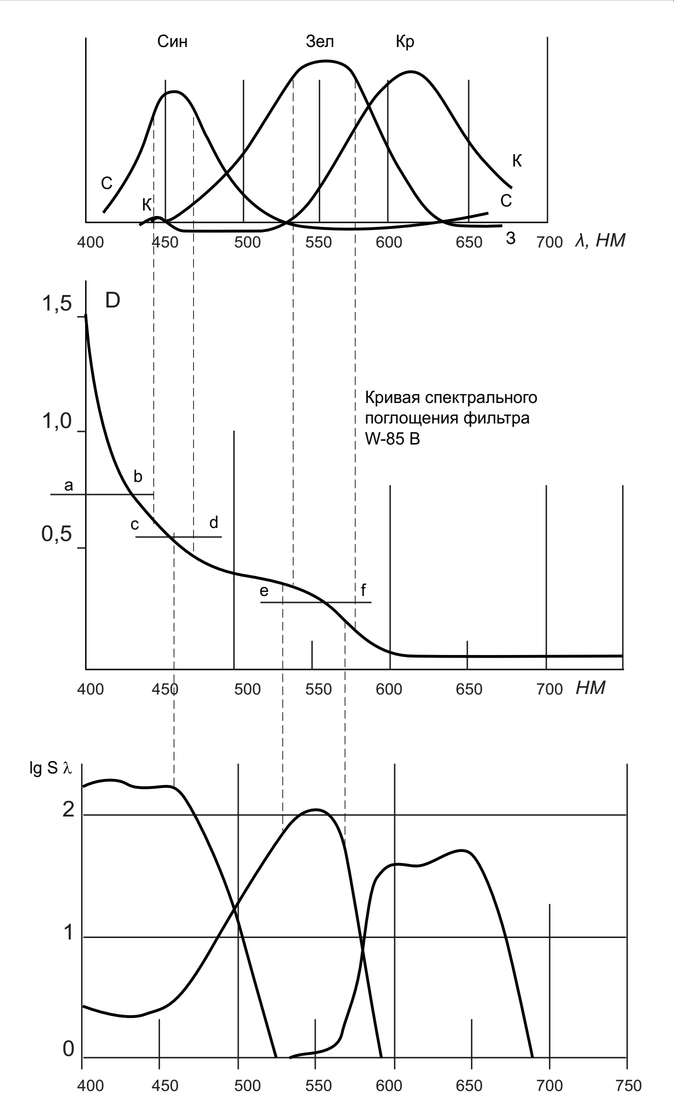


Рис 56. (Пояснения в тексте)

ную плотность фильтра в зеленой зоне (рис.56, линия ef), можно заключить, что фильтр в зеленой зоне спектра отличается от плотности в красной зоне на 0,30, то есть в 2 раза уменьшает поток тех лучей, которые могут оказать действие на зеленочувствительный слой кинопленки (по сравнению с потоком красных лучей).

Синечувствительный слой кинопленки имеет максимум чувствительности около 400-410 нм. А существенное значение на сине-чувствительный слой оказывают лучи с длиной волн от 390 нм до 460 нм (более короткие волны практически полностью задерживаются объективом кинокамеры, а к более длинным волнам чувствительность галоидного серебра заметно ослаблена). В этом диапазоне фильтр уменьшает поток лучей как раз в 4 раза, поскольку интегральная плотность фильтра, как видно из рис. 56 (линия ab), почти точно соответствует 0,60. Реакция синечувствительного слоя будет в 4 раза меньше.

Глаз же видит не так, как кинопленка. Те лучи, которые для пленки имели существенное значение, прежде всего с длинами волн от 390 до 420 нм, для глаза ничего не значат, о чем нам постоянно напоминает приводимая практически во всех справочниках, связанных со световыми величинами, кривая видности глаза. Рецепторы глаза имеют другие максимумы чувствительности.

И если в зеленой зоне разница между положением максимума спектральной чувствительностью кинопленки и спектральной чувствительностью глаза не столь велика, в синей зоне из-за резко взмывающей кривой поглощения разница в реакции пленки (линия ab) и глаза (линия cd) будет наиболее заметна.

Оранжевый фильтр можно представить в виде двух составляющих: желтого фильтра и слабого пурупрного. Поглощение фильтром синих лучей воспринимается желтым цветом, а поглощение зеленых лучей - как пурпурный цвет. Но если для глаза желтая и пурпуная слагаемая фильтрами не сильно отличется друг от друга (cd и ef) отчего фильтр кажется красно-оранжевым, то для кинопленки «желтого красителя» в фильтре почти в 2 раза больше, чем «пурпурного» (ab и ef). Глаз видит фильтр W85-B более оранжевым, а пленка воспринимает его почти желтым.

Вот и вся загадка. Хотя нет.

ЕЩЕ ОДНА ЗАГАДКА ФИЛЬТРА W-85B

Оранжевый цвет фильтра с точки зрения субтрактивного синтеза цвета можно представить состоящим из желтого красителя и пурпурного, взятого в меньшем количестве. Я так и попробовал сделать: воспроизвести компенсационный фильтр соответствующим подбором плотности желтого и пурпурного корректирующих фильтров.

Из набора корректирующих светофильтров для цветной печати была подобрана такая комбинация желтого и пурпурного, которая изменяла показания колориметра «Минольты» так же, как и фильтр W-85B, т.е. уменьшала цветовую температуру с 5500 до 3200 K. Однако эта комбинация фильтров, состоящая из

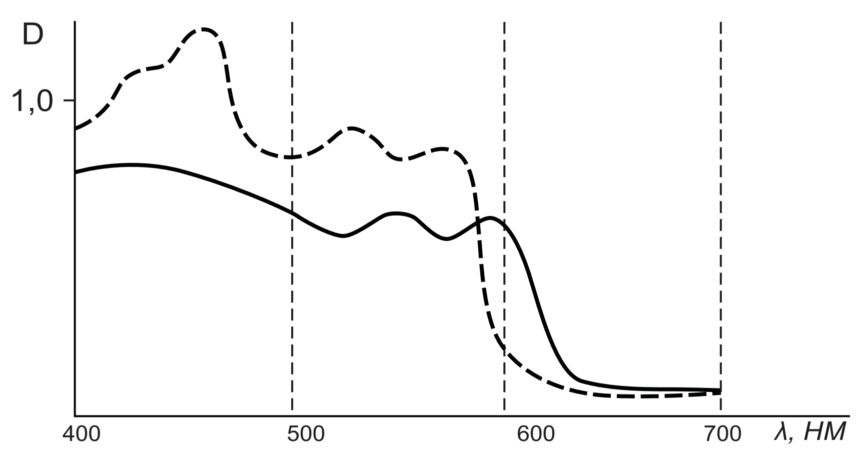


Рис 57. Кривые спектрального поглощения светофильтров:
- - - - — фильтр фирмы «Rosco 3411», аналог W85-B;
------- — фильтр, составленный из 95% желтого и 60% пурпура

95% желтого и 60% пурпурного, цветом ничем не напоминала оранжевый компенсационный фильтр W-85B. Собранный фильтр был желто-коричневый. Сильно отличались и кривые спектрального поглощения светофильтров. Глаз видел, что два фильтра совершенно различны, а «Минольта» упрямо показывала, что фильтры одинаковы.

А дальше произошло то, что удивило меня еще больше. Когда я сфотографировал на цветную негативную кинопленку одновременно два этих фильтра — оранжевый W-85B и желто-коричневый 95%ж + 60% п, поставив на подоконник и прижав их к стеклу так, чтобы они проецировались на фон пасмурного неба, результат их действия на пленку оказался одинаковым. На негативной пленке это были два совершенно одинаковых цвета. И при печати на позитив они оказались в репродукции также одинаковыми по цвету — тепло-желтыми, скорее похожими на желто-пурпурную комбинацию корректирующих светофильтров и не похожими на оранжевый оригинал — фильтр W-85B.

«КИНЕМАТОГРАФИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ»
И СТРОБОСКОПИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ПАНОРАМИРОВАНИИ

Часто произносимая фраза о том, что «кинематографический эффект», т.е. возникновение из статичных кадров при кинопроекции иллюзии движения, существует благодаря зрительной памяти, в принципе, равносильна высказыванию: «Огнетушитель — лучшее средство для поддержания огня». Стробоскопические явления, возникающие при панорамировании являются прекрасной иллюстрацией того, что зрительная память не только не способствует возникновению эффекта движения, но всячески разрушает эту иллюзию.

* * *

Долгое время считалось (а в популярной литературе до сих пор продолжает утверждаться), что эффект кажущегося движения в кинематографе объясняется в значительной степени (если не исключительно) зрительной памятью — способностью сетчатки глаза в течение некоторого времени после устранения светового раздражения сохранять световой образ.

Этому свойству зрения, якобы имеющему к возникновению движения на киноэкране самое непосредственное отношение, посвящались всевозможные статьи и исследования. Любой труд по кино, будь то «Всеобщая история кино» или «Справочник по кинотехнике», так или иначе напоминал о существовании зрительной инерции, «благодаря которой на экране возникает магия движения».

Картина рисовалась следующей, и в этом мало кто сомневался: световой рисунок одного кинокадрика на сетчатке еще не начал гаснуть, как тут же подается другой кинокадрик, так 24 раза в секунду. Изображения кинокадриков сливаются, и... — на экране мы видим движение.

Но в этом «и...» — была пропасть, которой многие не заметили. «...Подобное объяснение рассматривания движущихся изображений на экране неправильно. ...Если исходить из памяти зрения, то благодаря последней на изображение каждого последующего кадра будет накладываться последовательный образ от предыдущего кадра, что должно привести к одновременному видению двух изображений, имеющих различные фазы движения.»[13]

Почему же так много внимания уделяется зрительной памяти? Дело в том, что зрительная память, персистенция, объясняет слияние кадров в немерцающую картину.

Когда-то, когда Великий Немой еще не был Великим, кинопроектор был устроен так, что в секунду делал 16 кадросмен. Соответственно 16 раз в секунду для продвижения пленки на один кадрик перекрывался свет однолопастным обтюратором. Дискретность световых импульсов (16 раз в секунду) была заметна, экран мигал.

«До 1908 года кинозрелища были очень утомительны для глаз и их нельзя было затягивать дольше, чем на четверть часа. После 1908 года усовершенствование перфораторов уменьшило мигание изображений, а введение трехлопастного обтюратора в кинопроекционном аппарате уничтожило мигание вообще»[14].

Трехлопастный обтюратор перекрывал свет в кинопроекторе 48 раз в секунду (16 х 3). Световые импульсы следовали столь часто, что раздельными уже не воспринимались. Экран перестал мерцать.

Е.Голдовский приводит данные, из которых следует, что трехлопастной обтюратор начали применять еще в конце прошлого века.

«В 1896 г. по почину мастерских О.Месстера были введены дополнительные лопасти обтюратора, обеспечившие требуемое число обтюраций при проекции и уничтожившие мелькание на экране. С этого времени исчезла необходимость в проекции с повышенным числом кадров во избежание мельканий на экране и установилась единая для всего мира частота проекции 15-18 кадр/с»[15].

Сам же кинематографический эффект возникает не на сетчатке. Движение является следствием сложного процесса ассоциативной памяти и влияния познавательного опыта и практики человека[16].

13 Голдовский Е. Физические основы кинотехники. Избранные статьи. М., Искусство, 1979, с.20.
14 Садуль Ж. Всеобщая история кино, М., Искусство, 1958, т.2, с.17-18.
15 Голдовский Е. Проблема скорости фильма. Избранные статьи, с.58.
16 см. Бургов В. Об эффекте кажущегося движения в кинематографии. ТКиТ № 7, 1982.

«Но строго говоря, такое объяснение эффекта движения людей и всего прочего на киноэкране не совсем верно. В восприятии кинокартины участвует не только кратковременная память, но и высшие отделы мозга: они строят промежуточные положения между двумя кадрами»[17].

В своей работе, посвященной «иллюзорному движению» немецкий психолог Макс Вертхеймер описал следующий опыт: человека сажали в темную комнату, где перед его глазами быстро одно за другим появлялись два освещенных узких отверстия на небольшом расстоянии друг от друга. Если расстояние и промежуток времени между их появлением были рассчитаны правильно, то у человека возникала непоколебимая уверенность, что он видит не два разных отверстия рядом, освещающихся последовательно, а одно, которое появляется слева, перебегает направо и там гаснет.

Замечали ли вы, что при переключении сигналов светофора мы видим не то, как последовательно загораются три разные лампы, а то, что цвета перетекают друг в друга непрерывно: зеленый сигнал, подпрыгнув вверх, меняет свой цвет на желтый, а желтый таким же образом превращается в красный.

Или, например, что для создания ощущения качающегося маятника часов достаточно изображения двух его крайних положений, остальное достроит мозг.

А что же зрительная память? Она вредит кинодвижению.

Приглядитесь к танцору в кинофильме, когда он движется мимо темного фона. Взмах руки — и следом за рукой тянется быстро угасающая вереница из 2-3 прошедших фаз движения. Если движущийся объект достаточно светлый, то на темном фоне можно без труда различить быстро тающие распечатанные статичные фазы.

Но взмах руки — движение очень короткое. Прошло мгновение — и его нет. За быстротечностью его трудно проанализировать. Вот если бы зациклить движение, тогда бы появилась возможность рассмотреть это явление внимательнее.

Такая возможность предоставляется во время просмотра отснятой горизонтальной панорамы. Камера панорамирует, и перед взором зрителя на киноэкране все объекты проходят в одном направлении. Как только встречаются объекты с более-менее четкими контурами — ветки деревьев на фоне неба, фонарные столбы, фигуры людей, оконные переплеты, очертания машин или углы строений — тут же дает знать себя зрительная память.

Положение фигуры человека в одном кинокадрике при быстром панорамировании не совпадает с ее положением в другом кадрике. Эти два изображения на сетчатке накладываются друг на друга и зритель эти два изображения видит одновременно. Проходит чуть более 0,03 с и ощущение первого кадрика начинает исчезать. Но на экран уже подано третье изображение. И зритель видит одновременно и его, и еще остающееся на сетчатке второе изображение. Второе изображение наконец погасло, а на сетчатку уже спроецировано четвертое изображение. В любой момент времени зритель видит отчетливо, как правило, два кадрика одновременно, поэтому во время показа быстрой панорамы все объекты кажутся раздвоенными.

Стала выше скорость панорамирования, контуры проходящего перед камерой объекта стали дальше пространственно располагаться (на киноэкране) от кадра к кадру — шире стала «раздвоенность» изображения. Медленнее пошла панорама — «раздвоенность» стала пропадать — контуры объекта в соседних кадрах стали почти сливаться при наложении.

Лишь когда угловая величина сдвига фаз при панорамировании станет соизмерима с разрешающей способностью глаза, тогда зритель перестанет ощущать двоение изображения.

17 Демидов В. Как мы видим то, что видим. М., Знание, 1979, с.62.



Для определения пределов, в которых изображение может без ущерба для качества восприятия «раздваиваться», был проделан следующий эксперимент. На мультстанке, дающем, как известно, высокую устойчивость изображения, за два прохода была отснята фотография пейзажа, имитирующая один из кинокадриков панорамы. Во время первого прогона неподвижный пейзаж снимался только на нечетные кадры, а во время второго прогона тот же самый пейзаж с небольшим сдвигом по горизонтали снимался уже на четные кадры. Сдвиг рассчитывался таким образом, чтобы для зрителя, сидящего в середине зрительного зала (удаление на три ширины экрана), разница между изображениями составляла вначале 2 угловые минуты, потом 4, 6, 8 и 10 угловых минут. Фотография была окаймлена белой полосой и наклеена на черный фон.

Известно, что максимальная разрешающая способность глаза в благоприятных световых условиях достигает одной угловой минуты. Однако эта величина даже и не рассматривалась нами. Фигурировали величины, намного превосходящие это значение. Выбор был мотивирован следующими причинами.

Устойчивость изображения широко распространенной камеры «Конвас» около 15 микрон. Это означает, что даже при жестко зафиксированной на штативе кинокамере, сам по себе допустим сдвиг одного изображения относительно другого на 0,015 мм. Если перевести это значение в угловые величины для зрителя, сидящего в середине кинозала, то получится около 0,9’. Поэтому, чтобы заметить сдвиг фаз на фоне определенной, пусть и маленькой, неустойчивости, необходимо взять величину, превосходящую как минимум в 2 раза неустойчивость, т.е. начать эксперимент с двух угловых минут.

Результаты оценки вибрирования полученного изображения можно охарактеризовать следующим образом. При 2' горизонтальную неустойчивость изображения трудно было оценить из-за неустойчивости изображения, которую давал сам кинопроектор. При 4' наблюдалось неустойчивость (вибрирование) на границе черного фона и белой рамки. При 6' заметно мерцала граница черного и белого, было замечено нарушение четкости восприятия изображения ярких деталей, соседствующих с контрастным фоном (темная прядь волос на фоне светлого лица), однако в целом картина воспринималась приемлемой и достаточно четкой. Менее всего изменения коснулись цветных малонасыщенных объектов. При 8' было заметно двоение уже всего изображения, хотя оба изображения, как два крайних положения быстро работающего поршня, казались четкими. Не было замечено каких-либо изменений только в самых темных местах и в той части кадра, где фигуры людей были «не в фокусе» при съемке. Если бы в кадре не было бы стволов деревьев (они неприятно вибрировали, как и все вертикальные линии), то по пятибальной шкале изображение можно оценить как «удовлетворительное». При 10' началось неприятное двоение изображения, заметное по всему кадру, и вызывающее рябь в глазах даже при непродолжительном рассматривании. Изображение «неудовлетворительное».

Таким образом, за допустимый сдвиг изображения при панорамировании можно взять величину 6 угловых минут, а если объект контрастный и имеет много вертикальных линий — то в расчетах следует использовать величину 8'.

Если за один кадрик объект может переместиться на 6', то за 1 секунду перемещение составит (24 x 6) 144 угловые минуты, или 2,4°.

Отсюда очень просто вычислить минимальное время, за которое объект может переместиться с одного края кадра до другого без возникновения стробоскопа. Нормальный экран из середины зала на расстоянии его утроенной ширины виден под углом около 22-24°, поэтому перемещение объекта вдоль экрана должно пройти не быстрее чем за 9 секунд, а если речь идет о контрастном объекте — то за 12-13 секунд. Лишь только в том случае, когда объект не содержит отчетливых

вертикальных линий, допускается ускорение горизонтального панорамирования до 6-7 секунд.

Значит, во время панорамирования, когда нам нужено избежать стробоскопического эффекта, мы должны следить за тем, чтобы объект проходил от одной границы кадра до другой не быстрее чем за 6-7 секунд, лучше всего остановиться на 9-10 секундах.

Этот вывод нам кажется более удобным, нежели формула, предложенная П.А.Ногиным: панорамирование неподвижного объекта на 150° может быть произведено за время в секундах, равное фокусному расстоянию объектива в миллиметрах. Переведите эту формулу на объектив с фокусным расстоянием 300 мм, которым часто снимаются панорамы обозрения, получится 5 минут, и вы увидите, что пользоваться таким счетом не так-то просто.

Если сравнить полученные нами результаты с данными из «Справочника кинооператора»[18], то они (для панорамирования) окажутся очень близки. Полученные опытным путем значения, помещенные в справочнике, к сожалению, оказались неправильно теоретически интерпретированы.

Критерий скорости панорамирования ошибочно увязывается с количественной величиной смазки изображения. Взятая авторами за расчет допустимая величина смазки изображения на один кадр, 0,05 мм, на самом деле не имеет к стробоскопическому эффекту никакого отношения.

При съемке рисованных мультфильмов, например, никакой смазки изображения во время экспонирования не происходит, но стробоскоп во время панорамирования по рисованному фону остается. Недаром стробоскоп называют еще «мультэффектом»: в мультипликации он встречается чаще всего.

В книге, хорошо известной среди кинооператоров, «Техника съемки в искусстве кинооператора»[19], также рассматривается вопрос возникновения стробоскопа при панорамировании, но опять за расчет принимается величина смазки изображения.

Почему же авторы не могут отказаться от такого обоснования, хотя, отчасти, видят его порочность? Да потому что при скорости панорамирования в 9 секунд на ширину кадра сдвиг изображения в негативе во время экспонирования составит как раз 0,05 мм. Авторы объясняют возникновение стробоскопа следствием из одного частного случая. Смазка изображения за время экспонирования кинокадрика, которая при медленном панорамировании отсутствует, является следствием быстрого панорамирования. Смазка является следствием, а причина появления смазки — быстрое панорамирование. Следовательно, авторы объясняют возникновение стробоскопа не причиной, а следствием.

Можно провести такую аналогию. Количество пассажиров, которое может вместиться в автобус, зависит от его размеров. В маленький автобус войдет мало пассажиров, большой и длинный автобус может увезти пассажиров больше. Следовательно, количество перевозимых пассажиров зависит от размеров автобуса. Но количество пассажиров — следствие, а не причина. И поэтому никак нельзя утверждать, что от количества людей, стоящих в данный момент на остановке, будет зависеть длина подъезжающего к остановке автобуса.

Второе заблуждение в вопросе появления стробоскопа при панорамировании связано с углом открытия обтюратора. Чтобы выяснить, как влияет угол раскрытия обтюратора кинокамеры на возникновение стробоскопа при панорамировании, различные углы раскрытия обтюратора (около 0°, 90°, 180°, 270° и 360°) были сымитированы на мультстанке.

18 Гордийчук И., Пелль В. Справочник кинооператора, М., Искусство, 1979, с.172.
19 Гордийчук И., Снятиновская Л. Техника съемки в искусстве кинооператора, М., Искусство, 1983

Мы рассуждали следующим образом: при угле раскрытия об-тюратора, стремящемся к нулю, экспозиция будет столь коротка, что изображение объекта за время экспонирования не успеет при панорамировании переместиться. Все перемещение будет происходить «за кадром». Это — типичный случай съемки мультфильмов, когда экспонируется неподвижный рисунок, и он от кадра к кадру «во время неэкспонирования» перемещается на определенное небольшое расстояние.

Таким образом были отсняты несколько панорам,с изменением времени (от 3 до 18 секунд), в течение которого картина с изображенным на ней пейзажем проходила перед камерой. За время панорамирования принималось такое время, за которое объект, расположенный у самого края кадра, перемещался до другого края кадра (панорамирование на ширину нормального экрана).

Во время реальной съемки при угле раскрытия обтюратора 180° половина движения фиксируется на пленке, а половина остается «за кадром». Чтобы воспроизвести подобное соотношение в покадровом режиме, на кинокамере была установлена скорость «1 кадр в 4 секунды». Из этих 4 секунд две секунды приходятся на время экспонирования и две секунды — на транспортировку пленки на один кадрик при закрытом обтюраторе. Во время экспонирования, в течение двух секунд непрерывно, пока был открыт обтюратор, объект, а это был пейзаж, равномерно перемещался с помощью микрометрического винта в горизонтальном направлении. После того, как обтюратор закрывался, объект перемещался на такое же, что и во время экспонирования, заранее рассчитанное расстояние. Так снимался один кадрик, один цикл. Расстояния, на которые должен перемещаться объект за один цикл «экспонирование — неэкспонирование», рассчитывались таким образом, чтобы время перемещения пейзажа на расстояние, равное ширине нормального экрана, составляло для первой панорамы 3 секунды, для второй панорамы — 4,5 с, затем 6 секунд, 9 , 12 и 18 секунд.

Если бы кинокамера имела угол раскрытия обтюратора 360°, то на кинопленке было бы зафиксировано полностью все перемещение объекта. Для воссоздания такого эффекта на мультстанке, пейзаж перемещался исключительно во время экспонирования на расстояние, предназначенное для целого цикла, и не перемещался в тот момент, когда обтюратор был закрыт.

Для имитации угла раскрытия обтюратора 90° четверть движения от цикла происходила во время экспонирования и три четверти — при закрытом обтюраторе. Чтобы сымитировать угол раскрытия обтюратора 270° приходилось во время экспонирования перемещать объект на три четверти расстояния, рассчитанного на цикл, и одну четверть оставлять на перемещение при закрытом обтюраторе.

Для всех случаев углов обтюратора снимались панорамы с разной скоростью перемещения за один цикл, но так, чтобы эти значения всякий раз повторялись, чтобы объект, проходил перед взором зрителя с одного края экрана до другого вначале за 3 секунды, затем за 4,5 секунды, за 6, 9, 12 и 18 секунд.

В результате проведенного эксперимента удалось выяснить, что появление стробоскопа связано только со скоростью панорамирования. Не удалось обнаружить, что угол раскрытия обтюратора как-то влияет на допустимую скорость панорамирования. Определяющим в этом вопросе явился лишь угловой сдвиг одного изображения относительно другого, но никак не степень смазки внутри самого кадра.

При одной и той же скорости панорамирования угол раскрытия обтюратора влияет только на четкость изображения внутри кадра, но никак не на пространственный сдвиг границ объекта от кадра к кадру. При горизонтальном панорамировании начало вертикальной границы объекта в каждом кадре будет однозначно определяться только моментом начала экспонирования, а поскольку начало экспонирования происходит циклично, ровно через каждую 1/24 долю секунды

и зависит только от частоты киносъемки, то угол открытия обтюратора никак не может повлиять на край границы объекта от кадра к кадру. Лишь увеличение частоты съемки может уменьшить пространственный сдвиг каждого кадра. Поэтому в системах кинематографа, работающих на частоте 48-60 кадров в секунду, как минимум в два раза снижена жесткость требований на скорость панорамирования. Это хорошо видно на примере телевидения, где частота в 50 полукадров дает возможность телевизионным титрам перемещаться очень быстро в любом направлении. Вряд ли какой-либо кинематографист решится пустить титры по экрану с такой скоростью, как это иногда бывает в телевидении — снизу вверх за 3 - 3,5 секунды.

В данном контексте мы не считаем необходимым подробно касаться вопроса соотношения направления панорамирования и направления вращения обтюратора. Этот вопрос может быть рассмотрен применительно к вращающимся колесам, работающим винтам самолета или вентилятора, но никак не применительно к панорамированию. Даже если умышленно форсировать этот вопрос и всерьез говорить о том, что левая и правая части кадра начинают экспонирование в разный момент времени, все равно ничего не получится: начало экспонирования объекта, находящегося в левой части кадра, будет повторяться строго циклично, каждую 1/24 долю секунды, и с такой же строгой цикличностью будет экспонироваться объект в правой части кадра. А это значит, что от кадра к кадру левый и правый объект будут перемещаться синхронно. К тому же некоторое несовпадение начала экспонирования левой и правой части кадра (или верха и низа, как в некоторых моделях кинокамер), длящееся примерно 0,002 с (две тысячных доли секунды), пока обтюратор открывает кадровое окно, будет многократно, в 8 -10 раз, зафиксирована в следующий момент времени, поскольку общее время экспонирования кадра составляет 0,02 с (две сотых доли секунды). Так что всерьез упоминать в качестве одного из факторов, влияющих на появление «стробоскопа» при горизонтальном панорамировании, направление вращения обтюратора, все равно, что всерьез говорить об удлинении металлических ножниц от тепла рук парикмахера.

Выводы

1. «Стробоскопический эффект», возникающий при быстром панорамировании на киноэкране, визуально есть раздваивание контуров предметов, попадающих в кадр. При горизонтальном панорамировании это заметнее всего на вертикальных линиях и границах (стволы деревьев, края домов, контуры автомашин и т.д.)

2. Причиной появления «стробоскопического эффекта» на киноэкране является то обстоятельство, что из-за персистенции, памяти зрения, в любой момент времени зритель видит одновременно по два соседствующих кадрика панорамы, которые вследствии сдвига камеры при панорамировании пространственно не совпадают.

3. Стробоскоп исчезает, когда угловая величина сдвига фаз при панорамировании становится соизмерима с разрешающей способностью глаза.

4. Чтобы во время горизонтального панорамирования избежать появления стробоскопического эффекта, необходимо, чтобы объект проходил от одной границы кадра до другой не быстрее чем за 6-7 секунд; лучше всего остановиться на времени 9-10 секундах, а если речь идет о контрастном объекте, с четкими вертикальными линиями, то желательно панораму вести еще медленнее, 12-13 секунд на ширину формата нормального кадра.

Леонид Васильевич Коновалов

КАК РАЗОБРАТЬСЯ В КИНОПЛЕНКАХ

Редактор:

Дизайн, верстка: Юрий Панкратов

Подписано в печать:
Формат: 148x210
Тираж: 1000 экз.

Подготовлено к печати
Издательско-информационным отделом ВГИК
129226 Москва, ул. Вильгельма Пика, 3.

Москва, 2007